



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΙΚΤΥΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ “MESH NETWORKS” ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΧΡΗΣΤΟΥ ΜΑΥΡΙΔΗ

Επιβλέπων : Διονύσιος – Δημήτριος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούνιος 2012



ΕΘΝΙΚΟ ΜΕΤΣΟΒΙΟ ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ

ΣΧΟΛΗ ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΟΜΕΑΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΜΕΤΑΔΟΣΗΣ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΣ

ΚΑΙ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΥΛΙΚΩΝ

ΔΙΚΤΥΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ “ MESH NETWORKS ” ΣΕ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗΣ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΧΡΗΣΤΟΥ ΜΑΥΡΙΔΗ

Επιβλέπων : Διονύσιος – Δημήτριος Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

Εγκρίθηκε από την τριμελή εξεταστική επιτροπή Ιούνιος 2012

.....
Διονύσιος – Δημήτριος
Κουτσούρης
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Παναγιώτης Τσανάκας
Καθηγητής Ε.Μ.Π

.....
Κωνσταντίνα Νικήτα
Καθηγήτρια Ε.Μ.Π

Αθήνα, Ιούνιος 2012

.....
Χρήστος Μαυρίδης

Διπλωματούχος Ηλεκτρολόγος Μηχανικός και Μηχανικός Υπολογιστών Ε.Μ.Π

Copyright © Χρήστος Μαυρίδης 2012

Με επιφύλαξη παντός δικαιώματος. All rights reserved.

Απαγορεύεται η αντιγραφή, αποθήκευση και διανομή της παρούσας εργασίας, εξ ολοκλήρου ή τμήματος αυτής, για εμπορικό σκοπό. Επιτρέπεται η ανατύπωση, αποθήκευση και διανομή για σκοπό μη κερδοσκοπικό, εκπαιδευτικής ή ερευνητικής φύσης, υπό την προϋπόθεση να αναφέρεται η πηγή προέλευσης και να διατηρείται το παρόν μήνυμα. Ερωτήματα που αφορούν τη χρήση της εργασίας για κερδοσκοπικό σκοπό πρέπει να απευθύνονται προς τον συγγραφέα.

Οι απόψεις και τα συμπεράσματα που περιέχονται σε αυτό το έγγραφο εκφράζουν τον συγγραφέα και δεν πρέπει να ερμηνευτεί ότι αντιπροσωπεύουν τις επίσημες θέσεις του Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός αυτής της διπλωματικής εργασίας είναι η μελέτη της χρήσης και εφαρμογής των δικτύων πλέγματος στην τηλεϊατρική. Για το λόγο αυτό, αρχικά δίνεται ο ορισμός του όρου «τηλεϊατρική», δίνονται τα χαρακτηριστικά του, μελετώνται οι απαιτήσεις ενός τηλεϊατρικού συστήματος, καθώς και οι εφαρμογές του. Έπειτα μελετώνται οι τρόποι με τους οποίους μπορούμε να μεταδώσουμε τηλεϊατρικά σήματα, όπως εικόνες και βίντεο.

Στη συνέχεια, αναλύονται τα χαρακτηριστικά και οι εφαρμογές ενός δικτύου πλέγματος καθώς και οι δυνατότητες που αυτό μας παρέχει. Παρουσιάζονται επίσης οι παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση του δικτύου πλέγματος. Επιπλέον, γίνεται λεπτομερής περιγραφή στα χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης για να μπορεί να ικανοποιήσει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις που έχει ένα Mesh Network. Ιδιαίτερη αναφορά γίνεται στην ασφάλεια και στα ιδιωτικά απόρρητα θέματα τα οποία μας προβληματίζουν ακόμα και σήμερα.

Προκειμένου να δούμε στην πράξη, λοιπόν, την τηλεϊατρική μέσω των δικτύων πλέγματος πραγματοποιούμε μετρήσεις τηλεπικοινωνιακής κίνησης μεταξύ OLPC κόμβων. Τέλος, οι μετρήσεις αυτές αναλύονται, ερμηνεύονται και αξιολογούνται.

Λέξεις Κλειδιά : « τηλεϊατρική, ασύρματα δίκτυα πλέγματος, ένας φορητός υπολογιστής για κάθε παιδί »

ABSTRACT

The aim of this thesis is to study the use and application of mesh networks in telemedicine. For this reason, initially is given the definition of the term “telemedicine”, given its characteristics are studied requirements of a telemedicine system and its applications. Then study the ways in which we can transfer telemedical signals such as images and videos.

Then we analyzed the characteristics and applications on a grid network and the opportunities it provides. Also we see that the factors affect the performance of the network grid. Furthermore, a detailed description of the characteristics that must have a routing protocol to be able to meet individual requirements is a Mesh Network. Particular reference is made to security secrets and private matters that trouble us today.

To see in practice, therefore, telemedicine through mesh network performs telecommunications traffic measurements between nodes OLPC. Finally, these measurements are analyzed, interpreted and evaluated.

Keywords : « telemedicine, wireless mesh networks, one laptop per child (OLPC) »

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Χάρη Τσίρμπα για την πολύτιμη βοήθεια και την αμέριστη υποστήριξη που μου έδειξε κατά τη διάρκεια εκπόνησης αυτής της εργασίας.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗ..... 12

1.1 Ορισμός Τηλεϊατρικής.....	12
1.2 Τομείς Τηλεϊατρικών Εφαρμογών.....	15
1.2.1 Τηλεδιάγνωση / Τηλεσυμβουλευτική.....	15
1.2.2 Συνεργατική διάγνωση.....	16
1.2.3 Τηλεφροντίδα στο σπίτι.....	16
1.2.4 Τηλεακτινολογία.....	17
1.2.5 Τηλεκαρδιολογία.....	18
1.2.6 Τηλεπαθολογία.....	19
1.2.7 Τηλεδερματολογία.....	19
1.2.8 Τηλεοφθαλμολογία.....	20
1.2.9 Τηλεψυχιατρική.....	21
1.2.10 Τηλεχειρουργική.....	22
1.2.11 Τηλεραδιολογία.....	23
1.2.12 Τηλεδιάσκεψη μεταξύ ιατρικών ομάδων - Τηλεκπαίδευση.....	24
1.2.13 Τηλεϊατρική επειγόντων περιστατικών.....	25
1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τηλεϊατρικής.....	25
1.4 Ανάγκη ύπαρξης τηλεϊατρικής.....	26
1.4.1 Η ισότητα στην πρόσβαση και τηλεϊατρική.....	27
1.4.2 Η ποιότητα υπηρεσιών και τηλεϊατρική.....	28
1.4.3 Οι δημογραφικές μεταβολές και τηλεϊατρική.....	28
1.4.4 Η βελτίωση του κλινικού αποτελέσματος χάρη στην τηλεματική.....	29
1.4.5 Η έρευνα και τεχνολογία στην τηλεϊατρική.....	30
1.4.6 Ο έλεγχος δαπανών των υπηρεσιών υγείας και τηλεϊατρική.....	30
1.4.7 Επιχειρηματικές δυνατότητες και τηλεϊατρική.....	31
1.5 Τρόποι μετάδοσης ιατρικής πληροφορίας.....	31
1.5.1 Ενσύρματα μέσα.....	32
1.5.1.1 Πλεονεκτήματα ενσύρματου δικτύου.....	32
1.5.1.2 Μειονεκτήματα ενσύρματου δικτύου.....	32
1.5.2 Ασύρματα μέσα.....	32
1.5.2.1 Πλεονεκτήματα ασύρματου δικτύου.....	33
1.5.2.2 Μειονεκτήματα ασύρματου δικτύου.....	33
1.6 Συμπεράσματα.....	34

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Wireless Mesh Network..... 36

2.1 Η αναγκαιότητα του wireless	36
2.2 Wireless Mesh Network.....	37
2.2.1 Πλεονεκτήματα	38
2.2.2 Αρχιτεκτονική	39
2.2.3 Υπάρχουν τρεις τύποι ασύρματων mesh δικτύων	39
2.2.4 Διαχείριση	41
2.2.5 Εφαρμογές	42
2.2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση του δικτύου πλέγματος.....	44
2.2.7 Λειτουργία	45
2.2.8 Δρομολόγηση	46
2.2.8.1 Κατηγορίες πρωτοκόλλων δρομολόγησης	47
2.2.8.2 Πρωτόκολλα δρομολόγησης που βασίζονται στην τοπολογία	47
2.2.9 Ασφάλεια και ιδιωτικά απόρρητα θέματα.....	51
2.2.9.1 Παράγοντες που προκαλούν δυσκολίες στην παροχή ασφάλειας στα WMNs.....	51
2.2.9.2 Πιθανές επιθέσεις στα WMNs οφείλονται στα	52
2.2.9.3 Πλέγμα ασφαλείας - Ανθεκτικότητα	52
2.2.9.4 Περισσότερη ασφάλεια	52
2.2.10 Συμπεράσματα.....	53

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΝΑΣ ΦΟΡΗΤΟΣ Υ/Σ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΑΙΔΙ (ONE LAPTOP PER CHILD “OLPC”)..... 54

3.1 Πως φτάσαμε στον υπολογιστή των \$ 100 “ΧΟ”	54
3.1.1 ΧΟ - 1	54
3.1.2 ΧΟ - 1.5	55
3.1.3 ΧΟ - 2	56
3.1.4 ΧΟ - 1.75	57
3.1.5 ΧΟ - 3	57
3.2. Γενικές Πληροφορίες για το OLPC.....	58
3.2.1 Τι είναι το OLPC.....	58
3.2.2 Πως ξεκίνησε το OLPC	58
3.2.3 Τα πρώτα στάδια του OLPC.....	59
3.2.4 Κόστος του OLPC.....	59
3.2.5 Γιατί το OLPC χρησιμοποιεί προγράμματα ανοιχτού λογισμικού	60
3.2.6 Windows στο OLPC.....	61
3.2.7 Συμμετέχουσες χώρες	62
3.2.8 Οργάνωση και δοκιμές	64

3.3 Hardware στο OLPC	65
3.3.1 Ασύρματο δίκτυο.....	65
3.3.2 CL1 Σύστημα αρχιτεκτονικής	66
3.3.3 Διάγραμμα συστήματος block.....	66
3.3.4 CPU & Companion Chip.....	67
3.3.5 Διεπαφή mesh ασύρματης δικτύωσης.....	67
3.3.6 Σχεδιασμός κεραίας	68
3.3.7 Περιβαλλοντικές συνθήκες.....	69
3.3.8 Περιβαλλοντικά.....	70
3.3.9 Ασύρματη Δικτύωση.....	71
3.3.10 Περιβαλλοντικές συνθήκες.....	72
3.3.11 Κανονιστικές απαιτήσεις.....	72
3.3.12 Διάγραμμα συστήματος block.....	73
3.4 Καινοτομίες στο OLPC	73
3.5 Software στο OLPC	74
3.5.1 Περιβάλλον Χρήστη.....	74
3.5.2 Εργαλεία	74
3.5.3 Mesh δικτύωση	74
3.5.4 Στρατηγική Έρευνα	75
3.5.5 Τι είναι το περιβάλλον Sugar	75
3.5.6 Εφαρμογές που έχει το OLPC.....	80
3.5.7 OLPC στην φροντίδα της υγείας	81
3.6 Μετρήσεις στο OLPC	89
3.6.1 Εισαγωγή	89
3.6.2 Αποτελέσματα δοκιμών	90
3.6.3 Πειράματα multihop	94
3.6.4 Επίδραση του RTS / CTS	100
3.6.5 Συμπεράσματα.....	102
<i>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Γενικά Συμπεράσματα</i>	<i>104</i>
<i>Αναφορές – Βιβλιογραφία</i>	<i>106</i>

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗΝ ΤΗΛΕΪΑΤΡΙΚΗ

1.1 Ορισμός Τηλεϊατρικής

Ο όρος τηλεϊατρική σημαίνει στην κυριολεξία «ιατρική από απόσταση». Η ITU-T στην αναφορά της ομάδας εργασίας ITU-D Study Group 2 in October 1997 “Impact of telecommunications in health-care and other social services” το 1997, έχει αποδεχτεί τον ορισμό της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας για την τηλεϊατρική ο οποίος έχει οριστεί ως:

«Η παροχή υπηρεσιών ιατρικής φροντίδας, όπου η απόσταση είναι ένας κρίσιμος παράγοντας, από επαγγελματίες του χώρου χρησιμοποιώντας τεχνολογίες πληροφορικής και επικοινωνιών».

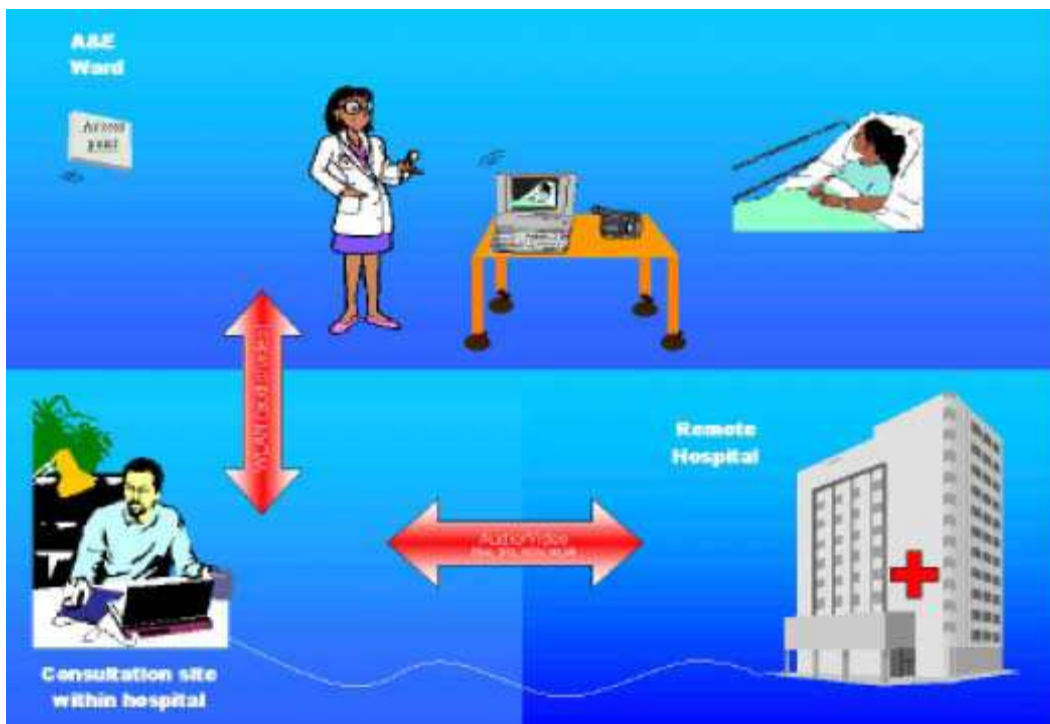
Είναι κοινώς αποδεκτό ότι σε όλο τον κόσμο, οι άνθρωποι που ζουν σε περιφερειακές και απομακρυσμένες περιοχές έχουν πρόβλημα γρήγορης πρόσβασης σε υψηλής εξειδίκευσης ιατρικά κέντρα, τα οποία είναι επανδρωμένα με πολύ καλά εκπαιδευμένους και εξειδικευμένους ιατρούς. Στην Ελλάδα, η άνιση υγειονομική περίθαλψη που λαμβάνουν οι κάτοικοι των αστικών κέντρων σε σχέση με την επαρχία συνεχώς αυξάνεται. Οι κάτοικοι των απομακρυσμένων περιοχών έχουν πρόσβαση σε κάποιο αγροτικό γιατρό ή κέντρο υγείας αλλά πρέπει να ξοδέψουν σημαντικό χρόνο και χρήματα για να τύχουν εξειδικευμένης ιατρικής φροντίδας, η έλλειψη της οποίας σε κρίσιμα περιστατικά μπορεί να αποβεί μοιραία. Η πρόοδος της τεχνολογίας στον τομέα της επικοινωνίας έβαλε τις βάσεις για να αναπτυχθεί η τηλεϊατρική.

Η Τηλεϊατρική είναι ένα πολύπλοκο σύστημα που δεν περιορίζεται απλά στην μετάδοση κάποιων ιατρικών πληροφοριών από/σε κάποιο απομακρυσμένο μέρος, ούτε περιορίζεται απλά στην εκπαίδευση των ανειδίκευτων ιατρών που βρίσκονται στα μέρη αυτά σε κάποια θέματα που άπτονται του ιατρικού ή κάποιου τεχνολογικού αντικειμένου. Είναι ένα ευρύτερο ζήτημα που συσχετίζει την επιστήμη της ιατρικής, την επιστήμη της πληροφορικής, την τεχνολογία δικτύων καθώς και διάφορες οικονομικές μελέτες για την βιωσιμότητα και το οικονομικό όφελος που προκύπτει από ένα τέτοιο έργο καθώς και την επιστήμη της νομικής (νομικοί κανόνες) που διέπουν ένα τέτοιο εγχείρημα.

Τηλεϊατρική είναι η άσκηση και η παροχή ιατρικών υπηρεσιών από απόσταση, με τη χρήση της πληροφορικής και των τηλεπικοινωνιών. Η τηλεϊατρική χρησιμοποιεί ηλεκτρονικά μέσα για να μεταφέρει ιατρικά δεδομένα (π.χ. ακτινογραφίες, εικόνες υψηλής ευκρίνειας, ιατρικούς φακέλους, τηλεδιάσκεψη) από ένα μέρος σε ένα άλλο. Η μεταφορά των ιατρικών δεδομένων μπορεί να γίνεται μέσω του διαδικτύου (Internet) ή μέσω Intranet. Οι χρήστες της τηλεϊατρικής προσπαθούν να αξιοποιήσουν τις δυνατότητες της σύγχρονης τεχνολογίας ώστε με το χαμηλότερο δυνατό κόστος σε χρήματα και χρόνο να παρέχουν υψηλού επιπέδου εξειδικευμένη φροντίδα ακόμα και στους απομακρυσμένους πολίτες μηδενίζοντας της αποστάσεις και εξαλείφοντας το αίσθημα της αβεβαιότητας.

Άρα η τηλεϊατρική επιτρέπει την εικονική συνεδρίαση ασθενών και γιατρών σε πραγματικό χρόνο, τη διάγνωση, τη χορήγηση ιατρικών συνταγών και οδηγιών, την αντιμετώπιση των περιστατικών χωρίς την ταυτόχρονη φυσική παρουσία του γιατρού και του ασθενή (Εικόνα 1). Η ύπαρξή της αναδεικνύεται ιδιαίτερα σημαντική σε χώρες που δεν διαθέτουν πλήρως αποκεντρωμένο σύστημα υγείας και οι πολίτες της περιφέρειας στερούνται ικανοποιητικών ιατρικών υπηρεσιών λόγω έλλειψης νοσοκομειακής

υποδομής (π.χ. Ελλάδα). Σε γενικές γραμμές, ένας υπολογιστής, ένα μόντεμ, μία οθόνη, μία web camera και ειδικό λογισμικό συγκροτούν μία τηλεϊατρική μονάδα, που υποστηρίζει την αποστολή και τη λήψη ιατρικών δεδομένων (κειμένου, ήχου και εικόνας), μέσω πληθώρας τηλεπικοινωνιακών μέσων.



Εικόνα 1 : Τηλεϊατρική

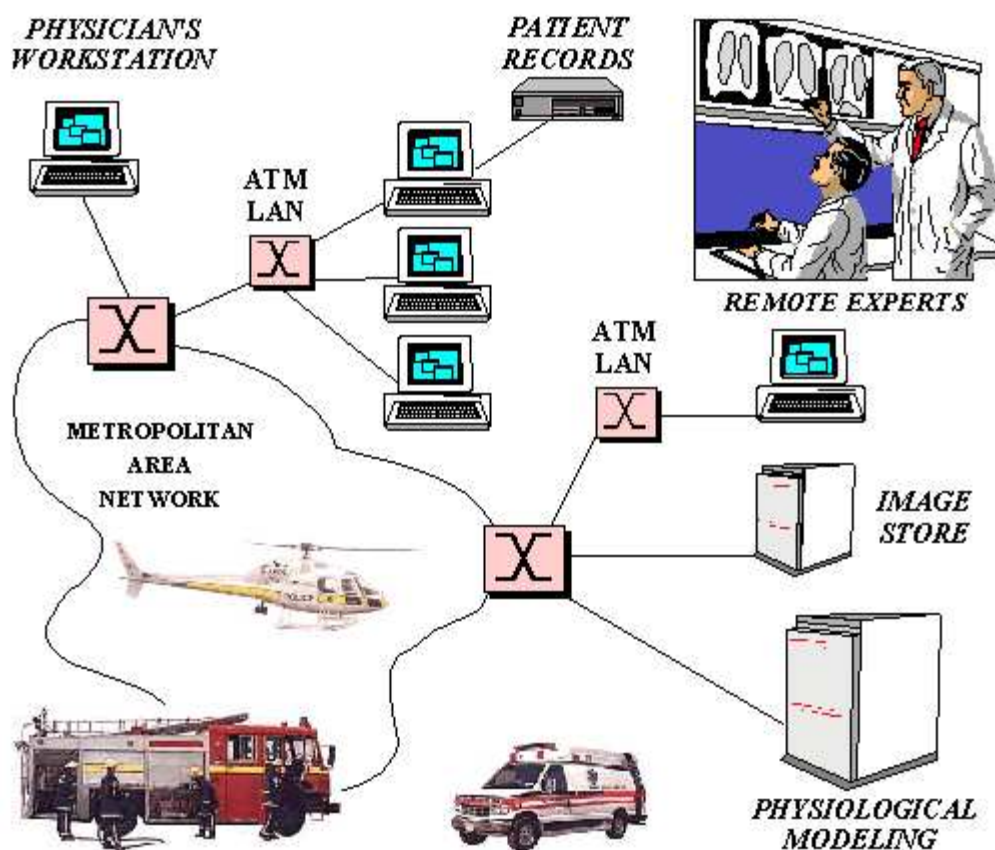
Άρτια εκπαιδευμένοι γιατροί μπορούν να δώσουν λύση σε σημαντικά προβλήματα υγείας παρέχοντας τις ιατρικές τους γνώσεις με τη μορφή διάγνωσης, δεύτερης γνώμης ή συμβουλευτικής οδηγίας κάνοντας χρήση προηγμένων συστημάτων παροχής τηλεματικών υπηρεσιών. Η υπηρεσία της Τηλεϊατρικής παρέχει ένα σύστημα διαχείρισης και διακίνησης ιατρικών πληροφοριών (καρδιογραφήματα, υπερηχογραφήματα, τομογραφίες, κλπ.) με πλήθος εφαρμογών στους τομείς διάγνωσης, θεραπείας και εκπαίδευσης των ιατρών.

Η τηλεϊατρική έχει ως απώτερο στόχο να συμβάλει αποφασιστικά στη βελτίωση των υπηρεσιών υγείας και πρόνοιας και στην πιο ορθολογική διαχείριση πόρων προς όφελος του πολίτη. Μπορεί να βοηθήσει στην παραμονή ιατρών και υγειονομικού προσωπικού σε γεωγραφικά απομονωμένες περιοχές, εξασφαλίζοντας συνεχή εκπαίδευση από απόσταση και συνεργασία με συναδέλφους. Η ανάπτυξη της τηλεϊατρικής πρέπει να σχεδιάζεται έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η ασφάλεια, η εμπιστευτικότητα, η αξιοπιστία και το απόρρητο των τηλεϊατρικών υπηρεσιών και εφαρμογών.

Έτσι οι κύριοι στόχοι της Τηλεϊατρικής αναφορικά είναι:

- Η μεταφορά της πληροφορίας, όχι του ασθενή.
- Η καλύτερη ποιότητα και η ευκολία πρόσβασης στις υπηρεσίες ιατρικής περίθαλψης.
- Η καλύτερη πληροφορία στους ασθενείς.
- Η άμεσα διαθέσιμη ιατρική εμπειρογνωμοσύνη, σε όλους ανεξάρτητα από τη τοποθεσία του ασθενή.
- Η αποτελεσματικότερη και παραγωγικότερη των υπηρεσιών ιατρικής περίθαλψης.
- Οι γρηγορότερες και ασφαλέστερες αποφάσεις για θεραπεία, χάρη στη μεταφορά ιατρικών εικόνων και την εύκολη πρόσβαση στον ιατρικό φάκελο.

Η Τηλεϊατρική χρησιμοποιεί τηλεματικές τεχνολογίες δηλαδή συνδυασμό υπολογιστών και επικοινωνιών (Εικόνα 2), προκειμένου να υποστηριχτούν οι ιατρικές υπηρεσίες Υγείας και Πρόνοιας, επί το γενικότερο.



Εικόνα 2 : Τηλεματικές Τεχνολογίες

Η τηλεϊατρική λοιπόν με λίγα λόγια χρησιμεύει για την ηλεκτρονική μεταφορά κάποιων ιατρικών δεδομένων. Τέτοια ιατρικά δεδομένα μπορούν να είναι:

- **Βιοσήματα** (ηλεκτρικά και μη), δηλαδή in vivo μετρήσεις: Είναι δυνατή σήμερα η μετάδοση οποιουδήποτε in vivo σήματος, καθώς αυτά λαμβάνουν τη μορφή πολυκάναλων μονοδιάστατων καταγραφών με απαιτήσεις δειγματοληψίας στις οποίες αρκετά εύκολα μπορεί να ανταποκριθεί η υπάρχουσα τηλεπικοινωνιακή υποδομή. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων σημάτων αποτελούν τα σήματα τα οποία παρακολουθούν ζωτικές λειτουργίες του ανθρώπινου οργανισμού όπως

Ηλεκτροκαρδιογραφήματα, μετρήσεις Θερμοκρασίας, Αρτηριακής πίεση, Ρυθμού αναπνοής κ.α.

- **Εργαστηριακές αναλύσεις**, δηλαδή in vitro μετρήσεις: Αιματολογικές, Κυτταρολογικές, Μικροβιολογικές κ.α.
- **Εικόνες δισδιάστατες 2D ή τρισδιάστατες 3D** που παράγονται από απεικονιστικές διατάξεις: Ακτινογραφίες, Αξονικές και Μαγνητικές τομογραφίες, Υπερηχογραφήματα, Αγγειογραφήματα, Εικόνες μικροσκοπίου κ.α.
- **Δεδομένα ιατρικού φακέλου** του εξεταζόμενου: Δημογραφικά στοιχεία, Ιστορικό ασθενών, Παλαιότερες αναλύσεις και εξετάσεις.

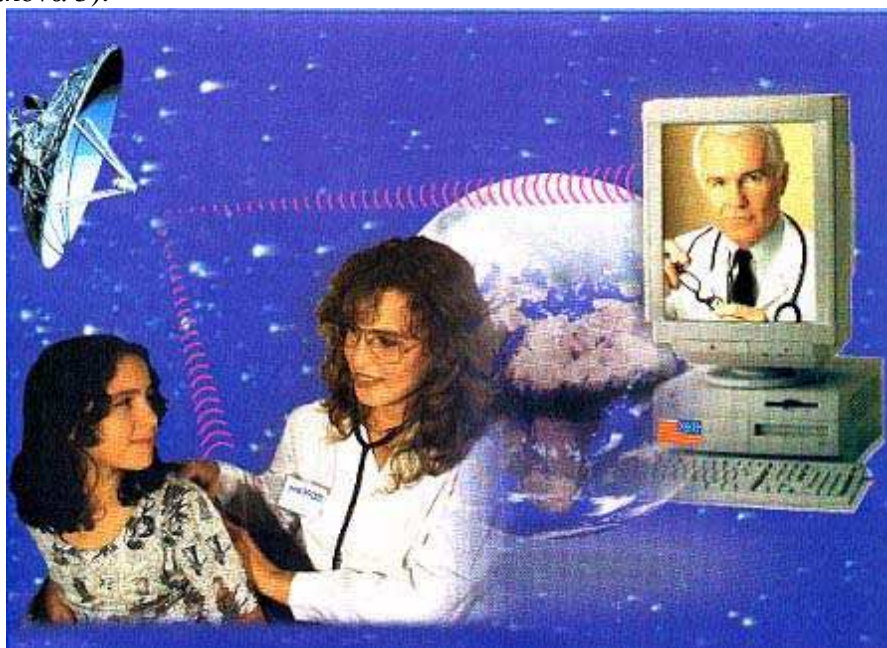
Μαζί με τα καθαυτά ιατρικά δεδομένα μπορούν να αποστέλλονται, μονόδρομα ή αμφίδρομα και **συνοδευτικά** δεδομένα, δηλαδή φωνή (audio) και κινούμενη εικόνα (video).

1.2 Τομείς Τηλειατρικών Εφαρμογών

1.2.1 Τηλεδιάγνωση / Τηλεσυμβουλευτική

Η Τηλεδιάγνωση / Τηλεσυμβουλευτική είναι η από κοινού παρατήρηση των εικόνων και ιατρικών πληροφοριών με αλληλεπίδραση στην οποία η πρώτη διάγνωση έχει γίνει από τον θεράποντα ιατρό του ασθενή. Ο στόχος της είναι να προκύψει μια «δεύτερη γνώμη» από έναν απομακρυσμένο ειδικό, η οποία μπορεί να είναι η επιβεβαίωση της διάγνωσης του θεράποντα ιατρού ή μια συμβουλή στο να καταλήξει ο θεράπων ιατρός σε μια σωστή διάγνωση.

Επίσης, η εφαρμογή της Τηλεδιάγνωσης / Τηλεσυμβουλευτικής χρησιμοποιείται στον τομέα της παροχής φροντίδας υγείας σε επείγουσες περιπτώσεις, από κάποιο κινούμενο όχημα (ασθενοφόρο) και στην ανταλλαγή ηλεκτροκαρδιογραφημάτων μεταξύ της κινούμενης μονάδας και του νοσοκομείου. Ένα παράδειγμα εφαρμογής παρουσιάζεται στο (Εικόνα 3).



Εικόνα 3 : Παράδειγμα εφαρμογής τηλεδιάγνωσης στην λαρυγγολογία

1.2.2 Συνεργατική διάγνωση

Πολλές φορές για να γίνει η τελική διάγνωση της κατάστασης ενός ασθενή, είναι απαραίτητο να συνεργάζονται γιατροί διαφορετικών ειδικοτήτων που βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες. Είναι αυτονόητο ότι σε σοβαρές περιπτώσεις η διάγνωση πρέπει να γίνεται γρήγορα και με μεγάλη ακρίβεια. Η συνεργατική διάγνωση, ως εφαρμογή της Τηλεϊατρικής, δίνει την λύση σε αυτή την περίπτωση. Οι συνεργαζόμενοι γιατροί χρησιμοποιούν την τεχνολογία της τηλεϊατρικής και ανταλλάσσουν πληροφορίες, όπως εικόνες και εργαστηριακά δεδομένα ασθενή, και παρουσιάζουν τις απόψεις τους. Ακολουθώς, καταλήγουν σε μια κοινή απόφαση, όχι μόνο για τη νόσο αλλά και για το σχέδιο θεραπείας που πρέπει να ακολουθήσουν. Σε αυτή τη διαδικασία μπορεί να συμμετέχουν δύο ή περισσότεροι γιατροί διαφορετικών ειδικοτήτων.

Οι τρόποι επικοινωνίας δεν αποκλείουν την παραδοσιακή απλή τηλεφωνική συνεννόηση ή τη χρήση του ηλεκτρονικού ταχυδρομείου, αλλά επεκτείνονται με τις εικονοδιασκέψεις, όπου συνυπάρχουν οι δυνατότητες μετάδοσης πολυμέσων (ήχος, βίντεο, και εικόνα).

1.2.3 Τηλεφροντίδα στο σπίτι

Η φροντίδα στο σπίτι είναι ένα πεδίο εφαρμογής της τηλεϊατρικής, όπου χρήστης μιας υπηρεσίας είναι ο ασθενής στο σπίτι και παροχέας είναι ένα μηχάνημα που βρίσκεται στο σπίτι του ασθενή αλλά ελέγχεται από κάποιον άνθρωπο από απόσταση. Αυτού του είδους οι υπηρεσίες αποτελούν την τηλεφροντίδα. Μερικά παραδείγματα τηλεφροντίδας είναι τα ακόλουθα:

- Συστήματα ασφαλείας (Συστήματα τηλεσυναγερμού ή απλού συναγερμού, πυρασφάλειας και λοιπές συσκευές προειδοποίησης).
- Υποστήριξη καθημερινών δραστηριοτήτων με συστήματα ελέγχου / συμβουλής από απόσταση.
- Διαχείριση από απόσταση και έλεγχος των συσκευών που βρίσκονται στο σπίτι από τους επαγγελματίες υγείας (τηλεχειρισμός συστημάτων αερισμού).

Η συγκεκριμένη εφαρμογή τηλεϊατρικής μπορεί να γίνει περισσότερο κατανοητή στην περίπτωση ενός συστήματος συναγερμού και επιτήρησης ενός ηλικιωμένου. Το σύστημα συναγερμού διεγείρεται είτε από τον ηλικιωμένο είτε αυτόματα. Η αυτόματη διέγερση του γίνεται όταν ο ασθενής χάσει τις αισθήσεις του ή αδυνατεί να πιάσει το κουμπί συναγερμού ή όταν δεν μπορεί να μετακινηθεί εύκολα προς την συσκευή. Το σύστημα αυτό αποτελείται από:

- Μια συσκευή ενεργοποίησης συναγερμού.
- Τον κεντρικό σταθμό επιτήρησης που ελέγχει τη συσκευή παρακολούθησης του ασθενή.
- Ένα μέσο επικοινωνίας που μπορεί να είναι ακόμη και μια απλή τηλεφωνική γραμμή.

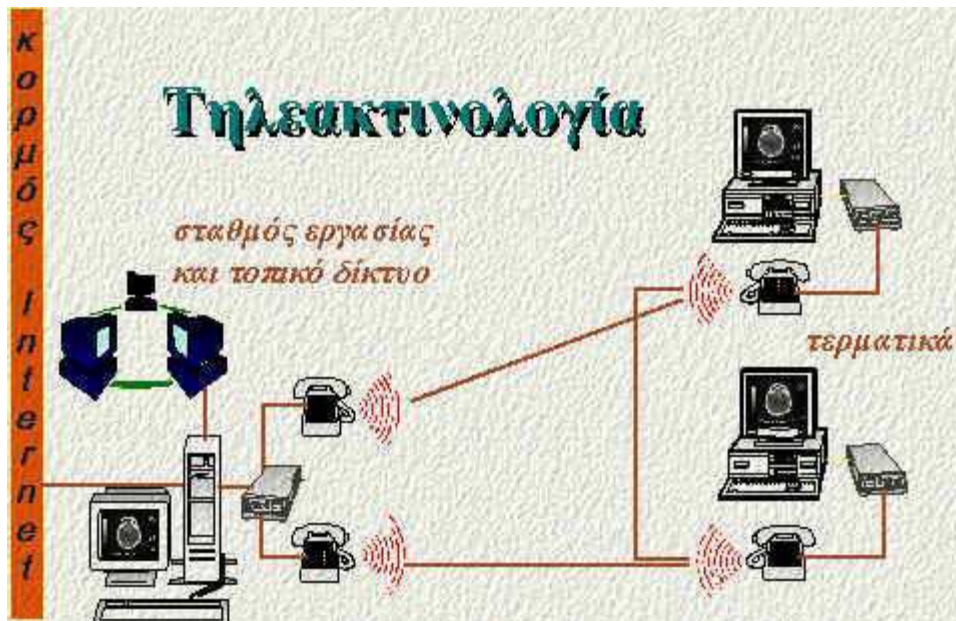
- Πιθανόν ένα ευρύτερο δίκτυο που μπορεί να συνδέει το σπίτι του ηλικιωμένου με κάποιο συγγενή ή γείτονα σε κοντινή απόσταση, ώστε σε περίπτωση συναγερμού ταυτόχρονα με το κέντρο να ειδοποιηθεί άμεσα και κάποιος που βρίσκεται πού κοντά στον ασθενή.



Εικόνα 4 : Βιντεοτηλέφωνο για Περίθαλψη στο σπίτι του ασθενούς

1.2.4 Τηλεακτινολογία

Η Τηλεακτινολογία αναφέρεται στη μετάδοση ακτινολογικών εικόνων από ένα σημείο σε άλλο για γνωμάτευση (interpretation) ή απλά για συμβουλευτικούς σκοπούς (consultation), μέσω υπολογιστή, χρησιμοποιώντας ενσύρματες ή ασύρματες ζεύξεις. Λόγω του γεγονότος ότι η μετάδοση αφορά ψηφιακή πληροφορία, απαιτείται η σύλληψη της εικόνας σε ψηφιακή μορφή. Σε περιπτώσεις που το απεικονιστικό μηχάνημα δεν διαθέτει ψηφιακή έξοδο (πράγμα που συμβαίνει στα περισσότερα ακτινολογικά και υπέρηχους, και σε αρκετούς αξονικούς και μαγνητικούς τομογράφους), είναι αναγκαία η ψηφιοποίηση εικόνας χρησιμοποιώντας είτε ψηφιοποιητές ακτινολογικού φιλμ, είτε frame grabbers συνδεδεμένους απευθείας στην έξοδο composite video της απεικονιστικής διάταξης. Μετά την ψηφιοποίηση, η εικόνα μπορεί να συμπιεστεί για αποτελεσματικότερη αποθήκευση και / ή μετάδοση σε άλλο σημείο. Χρησιμοποιώντας τέτοιες τεχνικές συμπίεσης, είναι δυνατόν να μεταφερθούν ακτινολογικές εικόνες πάνω από οποιοδήποτε τηλεπικοινωνιακό δίκτυο (τηλεφωνικό δίκτυο, ασύρματο, κινητής τηλεφωνίας, κλπ.) με σχετικά χαμηλούς ρυθμούς μετάδοσης. Ο χρόνος που απαιτείται για τη μεταφορά μίας ακτινογραφίας εξαρτάται από τον τύπο του τηλεπικοινωνιακού δικτύου που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 5 : Μετάδοση εικόνας σε μια εφαρμογή Τηλεακτινολογίας

1.2.5 Τηλεκαρδιολογία

Οι πρώτες εφαρμογές τηλεκαρδιολογίας εμφανίστηκαν εδώ και 70 χρόνια, χρησιμοποιώντας το τηλεφωνικό δίκτυο για την «τηλεακρόαση» καρδιακών ήχων και αναπνευστικών ακροαστικών ευρημάτων, χρησιμοποιώντας ευαίσθητα μικρόφωνα συνδεδεμένα στο τηλεφωνικό δίκτυο. Στη δεκαετία του 60 χρησιμοποιήθηκε το FAX για τη μετάδοση καρδιογραφικών και εγκεφαλογραφικών εκτυπώσεων μέσω τηλεφωνικού δικτύου. Παρόλα αυτά μόνο την τελευταία δεκαετία έγινε δυνατή η εξ' αποστάσεως διάγνωση ηχοκαρδιογραφημάτων.

Η πιο συνηθισμένη εφαρμογή τηλεκαρδιολογίας αφορά στη μετάδοση για διαγνωστικούς σκοπούς ηλεκτροκαρδιογραφημάτων (ΗΚΓ). Στην πιο συνηθισμένη μορφή της, η εφαρμογή απαιτεί τη χρήση ενός ψηφιακού καρδιογράφου για την ανάκτηση σε ψηφιακή μορφή του καρδιογραφήματος, ενός τηλεπικοινωνιακού δικτύου, όπως το απλό τηλεφωνικό δίκτυο (POTS), και ενός υπολογιστικού σταθμού για την αποθήκευση και απεικόνιση του ΗΚΓ (Εικόνα 6).



Εικόνα 6 : Παράδειγμα εφαρμογής τηλεκαρδιολογίας

1.2.6 Τηλεπαθολογία

Η Παθολογία (Pathology) αφορά τη μελέτη των αλλαγών στις κυτταρικές δομές και ιστούς που οφείλονται σε ασθένειες. Η Τηλεπαθολογία είναι η εφαρμογή της παθολογικής ανατομίας από απόσταση. Ο παθολογοανατόμος χρησιμοποιώντας μία εφαρμογή τηλεπαθολογίας μελετά δείγματα ιστού που απεικονίζονται σε μία οθόνη αντί να μελετά απευθείας τα δείγματα ιστού από το μικροσκόπιο. Η τηλεπαθολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε για την απόκτηση δεύτερης γνώμης είτε ακόμη και για την πρώτη διάγνωση από τον απομακρυσμένο ειδικό. Υπάρχουν δύο τρόποι εφαρμογής της τηλεπαθολογίας: Ο πρώτος είναι με την εξέταση ακίνητων εικόνων των δειγμάτων από απόσταση, ενώ ο δεύτερος με την εξέταση από απόσταση κινούμενης εικόνας με ταυτόχρονο έλεγχο του (απομακρυσμένου) μικροσκοπίου.

Σε κάθε περίπτωση, ο τυπικός εξοπλισμός περιλαμβάνει μία υψηλής ευκρίνειας κάμερα συνδεδεμένη σε ένα μικροσκόπιο, ένα υπολογιστικό σταθμό ψηφιοποίησης, κωδικοποίησης και μετάδοσης εικόνας, ηλεκτρομηχανικά συστήματα για τον έλεγχο του μικροσκοπίου / κάμερας καθώς και το υπολογιστικό σύστημα λήψης, απεικόνισης και αποθήκευσης στην πλευρά του ειδικευμένου ιατρού. Είναι σαφές ότι τα κρίσιμα χαρακτηριστικά είναι η διακριτική ικανότητα του συστήματος ψηφιοποίησης και απεικόνισης των δεδομένων (τόσο για τη στατική όσο και τη δυναμική τηλεπαθολογία) και το εύρος ζώνης του τηλεπικοινωνιακού δικτύου για την περίπτωση της δυναμικής εφαρμογής.



Εικόνα 7 : Παράδειγμα εφαρμογής τηλεπαθολογίας

1.2.7 Τηλεδερματολογία

Η Δερματολογία ασχολείται με τις παθήσεις του δέρματος. Η τηλεδερματολογία υποστηρίζει την παροχή δερματολογικής φροντίδας (δηλαδή διάγνωση και κλινική αντιμετώπιση) του ασθενή από απόσταση. Όπως και η τηλεπαθολογία, μπορεί να υλοποιηθεί είτε με την ανταλλαγή ακίνητων εικόνων (τηλεϊατρική αποθήκευσης και προώθησης store-and-forward telemedicine) είτε κινούμενων εικόνων (τηλεϊατρική πραγματικού χρόνου ή διαδραστική τηλεϊατρική real-time or interactive telemedicine). Ένα από τα πλεονεκτήματα της τηλεδερματολογίας είναι η εξοικονόμηση χρόνου για τους ασθενείς, καθώς τα δερματολογικά περιστατικά είναι πολύ συνηθισμένα (7 - 20%) αλλά παρόλα αυτά συνήθως αντιμετωπίζονται ελλιπώς και δεν παραπέμπονται σε

ειδικευμένους δερματολόγους. Μία εφαρμογή τηλεδερματολογίας, η οποία υλοποιήθηκε πάνω από το δίκτυο ISDN απέδειξε ότι μπορεί να επιτευχθεί αποδεκτή διαγνωστική ακρίβεια και κλινική αντιμετώπιση χρησιμοποιώντας εξοπλισμό χαμηλού κόστους.

1.2.8 Τηλεοφθαλμολογία

Οι εφαρμογές τηλεοφθαλμολογίας έχουν σαν στόχο να επιτρέπουν την πρόσβαση σε ειδικευμένους οφθαλμιάτρους αλλά και οφθαλμολογικά μηχανήματα ανά πάσα στιγμή και από οποιοδήποτε μέρος. Όπως και στις περισσότερες εφαρμογές τηλεϊατρικής τα συστατικά στοιχεία ενός συστήματος τηλεοφθαλμολογίας είναι το σύστημα ανάκτησης και ψηφιοποίησης εικόνας και το σύστημα μετάδοσης ψηφιακών εικόνων. Στις περισσότερες εφαρμογές τηλεοφθαλμολογίας η εφαρμογή απαιτεί μετάδοση ακίνητων (στατικών) οφθαλμολογικών εικόνων. Έτσι λοιπόν, το σύστημα μετάδοσης εικόνων είναι παρόμοιο με αυτό της τηλεακτινολογίας.



Εικόνα 8 : Εφαρμογή Τηλεοφθαλμολογίας

1.2.9 Τηλεψυχιατρική

Η Τηλεψυχιατρική είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρον κεφάλαιο στην τεχνολογία επικοινωνιών. Περίπλοκες συναισθηματικές πληροφορίες χρειάζεται να αποτυπωθούν και να διαβιβασθούν και είναι συχνά περίπλοκο λόγω της συναισθηματικής θέσης του ασθενούς και της ψυχοπαθολογικής κατάστασης. Τέτοιες δυσκολίες μπορούν να ξεπεραστούν όταν ο ειδικός είναι σε θέση να σχεδιάσει ένα ασφαλές μέρος για την αλληλεπίδραση γιατρού-ασθενούς. Οι ελάχιστες απαιτήσεις για την τηλεψυχιατρική συνοψίζονται παρακάτω:

- Ειδική προσοχή στην ποιότητα του ήχου.
- Κατάλληλο εύρος ζώνης για να διασφαλίζει ότι ο λόγος δεν αλλάζει χρονικά και είναι σε συμφωνία με το βλέμμα.
- Κατάλληλο περιβάλλον όπου επιτρέπει τον έλεγχο των εκφράσεων του προσώπου και του σώματος. Αυτό ίσως περιλαμβάνει όψεις από διαφορετικές κάμερες ή καταγραφή με κάμερα από απόσταση.
- Ικανή εκπαίδευση προσωπικού για να διεξάγουν τις εξ' αποστάσεως συνεντεύξεις.
- Κατάλληλος χώρος όπου διασφαλίζεται η απομόνωση και ιδιωτικότητα.

Στην τηλεψυχιατρική ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να αποδοθεί σε τρεις παράγοντες.

1) Ήχος

Η ποιότητα του ήχου είναι βαρύνουσα σημασίας. Τα στοιχεία που πρέπει να λαμβάνονται υπ' όψη στον ακουστικό σχεδιασμό ενός δωματίου τηλεσυνδιάσκεψης είναι:

- 1) Η επαρκής χρήση των μικρόφωνων.
- 2) Η ακουστική ιδιαιτερότητα του δωματίου.
- 3) Ο έλεγχος στην εξάλειψη της αντήχησης.
- 4) Τα πρωτόκολλα τηλεδιάσκεψης.

2) Έλεγχος του περιβάλλοντος χώρου

Πρέπει να μοιάζει με το γραφείο του γιατρού, και ο ασθενής πρέπει να γνωρίζει σε ποιον απευθύνεται.

3) Έλεγχος εκφράσεων προσώπου και σώματος

Οι παράμετροι που ελέγχονται στην ψυχιατρική εξέταση είναι: ο περιβάλλον χώρος, η στάση του ασθενούς και οι εκφράσεις του προσώπου. Για να ελέγχονται εύκολα όλοι αυτοί οι παράγοντες απαιτείται κατάλληλο εύρος ζώνης για να διασφαλίζει επαρκή ποιότητα εικόνας με ταυτόχρονη μεταφορά ήχου. Επίσης κάμερες που να βλέπουν ταυτόχρονα από διαφορετικά σημεία και να επιτρέπουν την εστίαση για τον έλεγχο ελάχιστων κινήσεων.

1.2.10 Τηλεχειρουργική

Η τηλεχειρουργική είναι ένας τομέας της τηλεϊατρικής που αναπτύχθηκε τα τελευταία χρόνια και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον. Το βασικό έρεισμα στην ανάπτυξη της τηλεχειρουργικής είναι η ανάγκη μετάδοσης και διάχυσης των εξειδικευμένων χειρουργικών τεχνικών και γνώσεων διευκολύνοντας την αρτιότερη και αποτελεσματικότερη εκπαίδευση και διάδοση των λαπαροσκοπικών χειρουργικών διαδικασιών. Ένας σημαντικός αριθμός κατασκευαστών λαπαροσκοπικών συσκευών είναι εφοδιασμένος με δυνατότητες δύο κατευθύνσεων μετάδοσης κινούμενης εικόνας και ήχου, επιτρέποντας έτσι την σύνδεση χειρουργείων με εκπαιδευτικές χειρουργικές εγκαταστάσεις.



Εικόνα 9 : Εφαρμογή Τηλεχειρουργικής

Σήμερα η τηλεχειρουργική μπορεί να ειπωθεί ως η αμφίδρομη μετάδοση εικόνας και ήχου επιτρέποντας την επικοινωνία μεταξύ χειρουργών (μικρής εμπειρίας) στα χειρουργεία και χειρουργών (με μεγάλη εμπειρία) σε απομακρυσμένες περιοχές. Η χρήση ρομποτικών συσκευών επιτρέπει στους απομακρυσμένους χειρουργούς να συμμετέχουν ενεργά στην χειρουργική διαδικασία. Είναι αυτονόητο ότι πέρα από τις αυξημένες τηλεπικοινωνιακές υποδομές που η εφαρμογή αυτή απαιτεί, απαιτείται και πολύ εξειδικευμένο λογισμικό / υλικό ώστε να είναι εφικτή η προσομοίωση, στον απομακρυσμένο σταθμό της κατάστασης που επικρατεί στο χειρουργείο. Για τον σκοπό αυτό συνήθως απαιτούνται συστήματα εικονικής χειρουργικής ώστε να έχουν μια πραγματική εικόνα της όλης διαδικασίας.

Ο σημαντικότερος παράγοντας που λείπει από τις εφαρμογές τηλεχειρουργικής προς το παρόν είναι η δυνατότητα μετάδοσης της αίσθησης της αφής, η οποία αναμένεται να γίνει δυνατή τα επόμενα χρόνια.

1.2.11 Τηλεραδιολογία

Ως τηλεραδιολογία ορίζεται η ηλεκτρονική μεταφορά ραδιολογικών εικόνων, όπως εικόνες υπερήχων, ακτινογραφίες, κ.α., από μια περιοχή σε μια άλλη όπου υποθέτουμε ότι υπάρχει εξειδικευμένη ομάδα γιατρών με σκοπό την παροχή διάγνωσης ή και συμβουλής με βάση πάντα την ηλεκτρονική εικόνα που τους έχει αποσταλεί.



Εικόνα 10 : Εφαρμογή Τηλεραδιολογίας

Ειδικά για τον τομέα της ραδιολογίας το σύστημα που πρόκειται να εγκατασταθεί θα πρέπει:

- 1) Να είναι αξιόπιστο.
- 2) Να παρέχει υψηλής ποιότητας ηλεκτρονικές εικόνες.
- 3) Η πρόσβαση στην ιατρική εικόνα να γίνεται εύκολα και γρήγορα.
- 4) Το σύστημα να είναι εύκολα χρησιμοποιούμενο.

Η τηλεραδιολογία είναι ο κλάδος εκείνος της τηλεϊατρικής ο οποίος βρίσκει ίσως την μεγαλύτερη απήχηση. Ένας γιατρός ο οποίος έχει τον εξοπλισμό και την ικανότητα να λαμβάνει ψηφιακές ραδιολογικές εικόνες, καθώς και τον εξοπλισμό να τις αποστείλει μπορεί να ζητήσει την συμβουλή ή και τη γνωμάτευση ενός πιο εξειδικευμένου συναδέλφου του. Με τον τρόπο αυτό αποφεύγεται η άσκοπη μεταφορά του ασθενούς, ενώ η ποιότητα παροχής υπηρεσιών υγείας αναβαθμίζεται. Εξοικονομούνται επίσης αρκετά χρήματα.

Τα βασικά μέρη ενός συστήματος τηλεραδιολογίας είναι:

- 1) Λήψη - Διαχείριση ψηφιακής εικόνας.
- 2) Παρουσίαση εικόνας.
- 3) Δίκτυο τηλεπικοινωνιών.
- 4) Διερμηνεία.

1.2.12 Τηλεδιάσκεψη μεταξύ ιατρικών ομάδων - Τηλεκπαίδευση

Τα τελευταία χρόνια έγινε προφανές ότι για να υπάρχει μία αποτελεσματική και αποδοτική υποδομή υπηρεσιών υγείας, δεν αρκεί μόνο η πρόσβαση σε ειδικούς, αλλά απαιτείται επίσης η συνεχιζόμενη εκπαίδευση των παρεχόντων υπηρεσιών υγείας (ιατρών, νοσηλευτών, κλπ.) και του κοινού. Η συνεχιζόμενη εκπαίδευση μπορεί να αυξήσει τις πιθανότητες έγκαιρης διάγνωσης και εντοπισμού μίας ασθένειας και να μειώσει τις επακόλουθες απαιτήσεις θεραπείας. Η τηλεκπαίδευση μπορεί να συνεισφέρει στη μείωση των απαιτήσεων από το σύστημα υγείας εστιάζοντας στην πρόληψη, στην εκπαίδευση σε θέματα διαιτητικής, υγιεινής και άλλων βασικών απαιτήσεων για μία υγιή κοινωνία.

Επιπλέον, η δικτυακή υποδομή μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την προσπέλαση υπηρεσιών πραγματικού χρόνου (on-line services) ή για τη συμμετοχή σε εκπαιδευτικά σεμινάρια χρησιμοποιώντας εικονοδιάσκεψη. Βασική εφαρμογή είναι και η περίπτωση της τηλεκπαίδευσης μέσω υπηρεσιών τηλεσυνδιάσκεψης, όπου μια ομάδα ιατρών/φοιτητών/νοσηλευτών μπορεί να εκπαιδευτεί σε συγκεκριμένες ιατρικές διαδικασίες/τεχνικές χωρίς κατ' ανάγκη να βρίσκονται στο χώρο που εκτελείται η ιατρική διαδικασία. Βέβαια η εξέλιξη των τεχνολογιών εικονικής πραγματικότητας έχει δημιουργήσει πολλαπλές δυνατότητες στην τηλεκπαίδευση αφού τώρα πια η μέχρι πρότινος «παθητική» εκπαίδευση μετατρέπεται σε «ενεργητική» με την εικονική συμμετοχή των εκπαιδευομένων.



Εικόνα 11 : Εφαρμογή Τηλεδιάσκεψης

1.2.13 Τηλεϊατρική επειγόντων περιστατικών

Η τηλεϊατρική μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε περιπτώσεις φυσικών ή όχι καταστροφών (πλημμύρες, σεισμοί, πόλεμοι, κλπ.) για να παρέχει στους επιτόπου ιατρούς άμεση βοήθεια από απομακρυσμένους ειδικούς. Οι διεθνείς οργανισμοί έχουν ήδη καταλάβει τις δυνατότητες της τεχνολογίας των τηλεπικοινωνιών και της πληροφορικής και χρησιμοποιούν τις εφαρμογές τηλεϊατρικής για να ανταποκρίνονται σε επείγουσες καταστάσεις από τη δεκαετία του 1960. Η τεχνολογία των ασύρματων τηλεπικοινωνιών μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να υποστηρίξει επείγουσες ιατρικές υπηρεσίες. Η τεχνολογία αυτή περιλαμβάνει τη χρήση βομβητών, κινητών τηλεφώνων, επίγειων σταθμών βάσης, κλπ.

1.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα τηλεϊατρικής

Είναι φανερό ότι σε ένα κόσμο της πληροφορίας και της επικοινωνίας που συνεχώς εξελίσσεται η τηλεϊατρική καλείται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στο μέλλον ανεβάζοντας το επίπεδο ιατρικής περίθαλψης, μηδενίζοντας τις αποστάσεις και το αίσθημα της αβεβαιότητας.

Σήμερα γίνονται σημαντικά βήματα και προωθούνται καινοτόμες λύσεις σε όλες τις εφαρμογές της τηλεϊατρικής, παγκοσμίως.

Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της τηλεϊατρικής είναι:

- Ουσιαστική εξοικονόμηση σε έξοδα εξέτασης, μετακίνησης, και διαχείρισης του συστήματος περίθαλψης.
- Μείωση της γεωγραφικής και φυσικής απομόνωσης ασθενών (απομακρυσμένες περιοχές, ηλικιωμένοι και ανάπηροι).
- Εξάλειψη του φαινομένου της εσωτερικής μετανάστευσης προς τα αστικά κέντρα για καλύτερη περίθαλψη.
- Τρόπος αποφυγής ανάγκης επανάληψης επώδυνων εξετάσεων, αντιφατικών συνταγών και λαθών στη θεραπεία.
- Δυνατότητα παροχής συμβουλών από ειδικούς στο εξωτερικό που διαφορετικά δεν θα ήταν προσιτοί.
- Αναβάθμιση και βελτίωση της καθημερινής έρευνας καθώς παρέχει γρήγορη και άμεση πρόσβαση σε νέες πληροφορίες και γνώσεις.
- Άμεση επικοινωνία ιατρών που βρίσκονται σε απομακρυσμένες κυρίως περιοχές, για ανταλλαγή απόψεων και αντιμετώπιση έκτακτων περιστατικών.
- Δραστική μείωση του χρόνου επικοινωνίας μεταξύ νοσοκομείων και ιατρών.
- Αναβάθμιση των παρεχομένων υπηρεσιών υγείας σε επίπεδο τοπικής αυτοδιοίκησης.
- Ευρεία κάλυψη σπάνιων ιατρικών περιστατικών.
- Εκσυγχρονισμός του περιβάλλοντος εργασίας του ιατρικού προσωπικού με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας (ηλεκτρονικοί ιατρικοί φάκελοι) και υπηρεσιών βάσει διεθνών προτύπων.
- Διευκόλυνση και αναβάθμιση της συνεχιζόμενης εκπαίδευσης ιατρών.
- Εκσυγχρονισμός του περιβάλλοντος εργασίας ιατρικού προσωπικού με χρήση σύγχρονης τεχνολογίας.

- Αφομοίωση και χρήση της σύγχρονης τεχνολογίας τηλεματικής από ιατρικό προσωπικό.
- Ευρεία γεωγραφική κάλυψη.

Τα κυριότερα μειονεκτήματα της τηλεϊατρικής είναι:

- Αρχικά τίθεται το θέμα της προσωπικής επαφής ιατρού-ασθενή που δεν μπορεί να αντικατασταθεί από τα ηλεκτρονικά μέσα. Η τηλεδιάσκεψη δεν μπορεί να έχει το ίδιο αισθητικό αποτέλεσμα με την επίσκεψη σε έναν ιατρό υποστηρίζουν αρκετοί ,καθώς η οπτική επαφή σε πραγματικό χρόνο και από κοντά προδίδει πράγματα για την κατάσταση στην οποία βρίσκεται ο ασθενής.
- Επίσης ένα μεγάλο θέμα υπάρχει και με την διασφάλιση, τόσο των προσωπικών δικαιωμάτων των ασθενών, όσο και των επαγγελματικών δικαιωμάτων και ευθυνών του ιατρικού προσωπικού. Προκειμένου να λειτουργήσει το σύστημα της τηλεϊατρικής πρέπει να υπάρξει το κατάλληλο νομοθετικό πλαίσιο.
- Τέλος υπάρχει ο κίνδυνος η τηλεϊατρική να λειτουργήσει ως δεκανίκι για επαγγελματίες που δεν είναι ικανοί ή δεν έχουν αρκετή αυτοπεποίθηση με αποτέλεσμα τον συνεχόμενο παρασιτισμό τους σε άλλους συναδέλφους.

Είναι φανερό επομένως ότι πρέπει να δημιουργηθούν οι προϋποθέσεις πριν η τηλεϊατρική αποδώσει τα οφέλη της.

1.4 Ανάγκη ύπαρξης τηλεϊατρικής

Οι κυριότερες ανάγκες που καλύπτουν οι εφαρμογές της τηλεϊατρικής αναφέρονται συνοπτικά παρακάτω:

- Απομεμακρυσμένες περιοχές με χαμηλή ποιότητα παροχής ιατρικών υπηρεσιών.
- Ναυσιπλοΐα.
- Κατ' οίκον νοσηλεία.
- Επείγοντα περιστατικά.
- Μονάδες τουρισμού υγείας .
- Συμβουλευτικές μονάδες προς ιατρούς.
- Τηλεκπαίδευση.
- Κάλυψη σπανίων ειδικοτήτων.
- Ομογενοποίηση των ιατρικών υπηρεσιών.

Το ερώτημα που πρέπει να διερευνηθεί είναι αν «υπάρχει πράγματι ανάγκη για υπηρεσίες Τηλεϊατρικής»;

Υπάρχουν πολλές και πολλές φορές δισταμένες απόψεις. Αλλά ας δούμε μερικά χαρακτηριστικά, που θα μας διευκολύνουν να μορφώσουμε τη δική μας άποψη:

Στο ερώτημα ποιοι παράγοντες υποδεικνύουν την ανάπτυξη υπηρεσιών Τηλεϊατρικής θα αναφέρουμε τους ακόλουθους:

- 1) Η ισότητα στην πρόσβαση.
- 2) Η ποιότητα υπηρεσιών.
- 3) Οι δημογραφικές μεταβολές.
- 4) Η βελτίωση του κλινικού αποτελέσματος.
- 5) Η έρευνα & τεχνολογία.
- 6) Ο έλεγχος δαπανών των υπηρεσιών υγείας.
- 7) Οι επιχειρηματικές δυνατότητες.

Ας δούμε τα θέματα αυτά, με κάποια σχετική λεπτομέρεια.

1.4.1 Η ισότητα στην πρόσβαση και τηλεϊατρική

Η καθημερινή πρακτική υποδεικνύει ότι δεν έχουν όλοι οι πολίτες ίση πρόσβαση στις υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες μπορεί να είναι όποιου περιεχομένου φανταστείτε: υγείας, εκπαίδευσης, άθλησης, πολιτισμού, οικονομικής φύσεως, αναψυχής, πληροφόρησης, ενημέρωσης. Οι λόγοι μπορεί να είναι πολλοί και διάφοροι, όπως γεωγραφικοί, περιβαλλοντικοί, οικονομικοί, εκπαιδευτικοί, υγείας κ.α. Δυστυχώς δεν ζούμε σε ένα ωραίο κόσμο και οι ανισότητες μπορεί να είναι μεγάλες και πολλές φορές ανυπέρβλητες. Αν θεωρήσουμε την καλή πλευρά των πραγμάτων, οι προσπάθειες όλων των κοινωνιών σήμερα εστιάζονται στην «ενδυνάμωση του πολίτη», ώστε να έχει πρόσβαση και δυνατότητα αξιοποίησεως όλων των ευκαιριών που εμφανίζονται και προσφέρονται. Τα παλιά συστήματα φαίνεται ότι απέτυχαν στο να εξασφαλίσουν τέτοιες προϋποθέσεις, τουλάχιστον σε μεγάλη κλίμακα, συνεχώς και με επιτυχία. Με το χρόνο και ιδιαίτερα σήμερα, τα συστήματα άρχισαν να εξυπηρετούν πρωταρχικώς το ίδιο το σύστημα και τους λειτουργούς των, παρά τους πολίτες.

Στη σημερινή πραγματικότητα εμφανίστηκε ένας νέος σύμμαχος του ανθρώπου: «οι τηλεματικές τεχνολογίες». Πολλοί άνθρωποι πιστεύουν ότι οι νέες τεχνολογίες θα προσφέρουν νέες δυνατότητες στους πολίτες. Χάρη σ' αυτές οι αποστάσεις εκμηδενίζονται και η διάθεση των υπηρεσιών μπορεί να γίνει σε οποιοδήποτε σημείο και αν ευρίσκεται ο πολίτης και ανεξάρτητα από την ώρα που τις επιζητεί. Μπορείτε να συγκρίνετε και μόνοι σας την νέα εικόνα, σε σχέση με την εμπειρία που έχετε.

Προφανώς αυτά δεν πρόκειται να συμβούν από τη μια μέρα στην άλλη και δεν πρόκειται να είναι αμέσως διαθέσιμες σε όλους. Θα χρειαστεί χρόνος. Η πορεία όμως άρχισε και ήδη πολλές κοινωνίες επωφελούνται από τις νέες αυτές κατακτήσεις του ανθρωπίνου πνεύματος. Η όλη ιστορία μας κάνει να πιστεύουμε ότι υπάρχουν νέες δυνατότητες για περισσότερη δημοκρατία και δημοκρατικές διαδικασίες, από οποιαδήποτε άλλη εποχή στον πλανήτη.

Φυσικά υπάρχουν και οι αντίθετες απόψεις και τα αντεπιχειρήματα και ασφαλώς όλα πρέπει να συζητούνται και να προκρίνονται οι πλέον ενδεδειγμένες λύσεις. Η νέα πορεία έχει ήδη αρχίσει εδώ και αρκετά χρόνια.

1.4.2 Η ποιότητα υπηρεσιών και τηλεϊατρική

Όσο το βιοτικό επίπεδο μιας χώρας βελτιώνεται, αυξάνονται οι απαιτήσεις για ποιότητα στις υπηρεσίες, ενώ παράλληλα εντείνονται και οι πιέσεις για τη συνεχή βελτίωση της ποιότητάς τους. Σύμφωνα με τον ορισμό της «ποιότητας στις υπηρεσίες» του Διεθνούς Οργανισμού Προτυποποίησης (ISO-International Standardization Organization) «ποιότητα είναι αυτό που ικανοποιεί τον πελάτη - χρήστη».

Οι Υπηρεσίες Υγείας δεν εξαιρούνται από τους γενικούς κανόνες που αφορούν τις υπηρεσίες και την παροχή τους. Ασφαλώς και υπάρχουν ιδιαιτερότητες. Αυτές όμως μας οδηγούν στο ασφαλές συμπέρασμα ότι οι υπηρεσίες Υγείας έχουν και πρόσθετους ηθικούς, δεοντολογικούς, κοινωνικούς και νομικούς λόγους για να είναι αποδεκτές και εγγυημένης ποιότητας.

Η ποιότητα των υπηρεσιών καθορίζεται πάντοτε από ορισμένες ιδιότητες που έχουν ή πρέπει να έχουν. Με την προϋπόθεση ότι οι υπηρεσίες έχουν σχεδιαστεί κατάλληλα, οι πλέον σημαντικές είναι:

- Η διαθεσιμότητά τους και η πρόσβαση σε αυτές.
- Η αποδοχή τους.
- Η δυνατότητα χρήσεώς τους, σε σχέση με τις δαπάνες που συνεπάγονται.
- Η δυνατότητα ελέγχου.

Στα πλαίσια του ΕΣΥ, η διαθεσιμότητα των υπηρεσιών και η πρόσβαση σε αυτές φαίνεται ότι μειώνεται ραγδαία με την αύξηση της απόστασης κατοικίας και εργασίας από τις μεγάλες δευτεροβάθμιες ή τριτοβάθμιες μονάδες. Δυσκολεύεται συχνά από τις καιρικές συνθήκες και από τις δυνατότητες μεταφοράς των ασθενών. Η διαθεσιμότητα τους, επίσης, είναι διαφορετική για τις διάφορες ώρες της ημέρας. Δυσκολεύεται έως και καθίσταται αδύνατη από μια σειρά παραγόντων όπως η πυκνότητα κυκλοφορίας, οι δύσκολες καιρικές συνθήκες, οι μαζικές μετακινήσεις σε περιόδους διακοπών πάσης φύσεως κ.α.

Σε όλες αυτές τις περιπτώσεις (αλλά και πολλές άλλες) είναι εξαιρετικής σημασίας ο χρόνος απόκρισης σε συγκεκριμένο αίτημα, η ανταπόκριση από το ενδεδειγμένο επίπεδο του συστήματος και η εγκυρότητα της απόκρισης.

Δεδομένου ότι η Τηλεϊατρική δεν εξαρτάται από την απόσταση, ομάδες ειδικών μπορούν να επιληφθούν του περιστατικού, ακόμα και αν οι ειδικοί βρίσκονται σε διαφορετικά σημεία. Οι χρόνοι επικοινωνίας είναι εξαιρετικά μικροί και ελεγχόμενοι. Έτσι μπορεί ευλόγως να καταλήξει κανείς στο συμπέρασμα ότι η Τηλεϊατρική μπορεί να συμβάλλει αποτελεσματικά στην ποιότητα των υπηρεσιών Υγείας. Οι εναλλακτικές λύσεις είναι πολύ περιορισμένες και η συνεπαγόμενη δαπάνη ίσως απαγορευτική.

1.4.3 Οι δημογραφικές μεταβολές και τηλεϊατρική

Βρισκόμαστε σε μια περίοδο έντονων δημογραφικών μεταβολών. Χαρακτηριστικά της περιόδου είναι η βελτίωση του βιοτικού επιπέδου, οι θετικές εξελίξεις στις βασικές επιστήμες και στις επιστήμες της Υγείας, η βελτίωση των υποδομών και των συνθηκών υγιεινής, η βελτίωση του εκπαιδευτικού επιπέδου, η ευκολία πληροφόρησης και η

διαθεσιμότητα πολλών και ποικίλων πληροφοριών επιστημονικά τεκμηριωμένων και η ευκολία πρόσβασης σε αυτές από όλο και μεγαλύτερα τμήματα του πληθυσμού.

Συνέπεια των εξελίξεων αυτών είναι η μείωση των γεννήσεων και η αύξηση του χρόνου ζωής. Για την Ελλάδα δείκτης γονιμότητας είναι 1,29 για γυναίκες από 15 έως 49 ετών (σύμφωνα με στοιχεία του έτους 1999) και ο μέσος χρόνος ζωής για μεν τις γυναίκες 75 έτη για δε τους άνδρες τα 72.

Τα στοιχεία αυτά συνηγορούν υπέρ της άποψης ότι οι ανάγκες για την κάλυψη των αναγκών σε υπηρεσίες Υγείας και ιδιαίτερα ιατρικές θα αυξάνονται με τον χρόνο, ενώ ο αριθμός των ατόμων που θα είναι διατεθειμένα να ενταχθούν στο σύστημα παροχής των σχετικών υπηρεσιών, θα βαίνει μειούμενος.

Επί πλέον η ενασχόληση στις υπηρεσίες υγείας προϋποθέτει ιδιαίτερες ιδιότητες και αποδοχή εργασίας σε ένα ιδιαίτερα δύσκολο και απαιτητικό περιβάλλον, εν δυνάμει επικίνδυνο. Ο αριθμός των ατόμων που είναι διατεθειμένος να εργαστεί σε ένα τέτοιο περιβάλλον, επίσης βαίνει μειούμενος. Παράλληλα επικρατούν πλέον και νέες αντιλήψεις σχετικά με τις πλέον κατάλληλες συνθήκες θεραπείας ασθενών. Οι αντιλήψεις αυτές οφείλονται μερικώς και στις δυνατότητες που προσφέρουν οι νέες τεχνολογίες και οι επιστημονικές εξελίξεις.

Έτσι το σπίτι θεωρείται το πλέον κατάλληλο περιβάλλον για τον ασθενή και την αντιμετώπιση των προβλημάτων του (ονομάζεται και κατ' οίκον νοσηλεία), ακόμα και σε περιπτώσεις που κάτι τέτοιο ήταν προηγουμένως απαγορευτικό. Αρκεί βέβαια, η παραμονή μακριά από τις ιατρικές μονάδες να συνδυαστεί με δυνατότητες διασύνδεσης, επισκεψιμότητας, αντιμετώπισης εκτάκτων καταστάσεων κ.α.

Προφανώς οι τηλεματικές τεχνολογίες βρίσκονται στο επίκεντρο του ενδιαφέροντος των εξελίξεων αυτών και φαίνεται να είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για να αλλάξουν διαδικασίες και διεργασίες αντιμετώπισης προβλημάτων Υγείας. Ήδη υπάρχουν πάρα πολλές εφαρμογές και υπηρεσίες που καλύπτουν ευρύ φάσμα αναγκών, με ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα στην αντιμετώπιση και διαχείριση χρονίως πασχόντων.

1.4.4 Η βελτίωση του κλινικού αποτελέσματος χάρη στην τηλεματική

Το κλινικό αποτέλεσμα εξαρτάται πρώτα απ' όλα από τις γνώσεις των επαγγελματιών υγείας και την εμπειρία που διαθέτουν. Εξαρτάται ακόμα από τις σύγχρονες εξειδικευμένες συσκευές που βρίσκονται στη διάθεσή τους, και φυσικά από τις δυνατότητες επικοινωνίας με άλλο εξειδικευμένο προσωπικό και τράπεζες πληροφοριών. Παλιότερα αλλά ακόμα και σήμερα οι τράπεζες πληροφοριών ήταν τα βιβλία και οι βιβλιοθήκες. Σήμερα τείνουν να αντικατασταθούν από ηλεκτρονικές βιβλιοθήκες αμέσου πρόσβασης, από οποιοδήποτε σημείο διαθέτει στοιχειώδη τηλεματική υποδομή.

Παράλληλα η αντιμετώπιση περιστατικών από ομάδες ειδικών, είναι δυνατόν να αντικαταστήσουν τον ένα μόνο επαγγελματία υγείας, ο οποίος επιλαμβάνεται του περιστατικού, ειδικότερα σε περιβάλλοντα πρωτοβάθμιας φροντίδας υγείας. Η αντικατάσταση αυτή είναι σήμερα εφικτή χάρη στις δυνατότητες τηλεσυνεδρίας. Τα ίδια ισχύουν και για τη κάλυψη των αναγκών σε συνεχιζόμενη επαγγελματική εκπαίδευση και εξειδίκευση. Οι δραστηριότητες αυτές παρέχονται σήμερα εξ αποστάσεως στο σημείο που βρίσκεται ο ενδιαφερόμενος.

1.4.5 Η έρευνα και τεχνολογία στην τηλεϊατρική

Οι εφαρμογές που θα μπορούσαν να χαρακτηριστούν Τηλεϊατρική είναι πάρα πολλές και άρχισαν ουσιαστικά αμέσως μετά την εφεύρεση του τηλεφώνου. Έλαβαν νέες διαστάσεις χάρις στην εξέλιξη των προσωπικών υπολογιστών από τη δεκαετία του 1980 και εντεύθεν και τις εξαιρετικές πρόσφατες καινοτομίες στον τομέα των επικοινωνιών.

Σημαντική ώθηση δόθηκε από τα πέντε «Προγράμματα Πλαίσιο» της Ευρωπαϊκής Ένωσης, που άρχισαν να υλοποιούνται από το τέλος της δεκαετίας του 1980. Η ΕΕ χρηματοδότησε ερευνητικά ανταγωνιστικά έργα με σκοπό την ανάδειξη των ερευνητικών διαστάσεων σε θέματα τηλεματικής στη υγεία (Τηλεϊατρική) και τη δημιουργία περιβάλλοντος για το σχεδιασμό και υλοποίηση υπηρεσιών με τη βοήθεια των τηλεματικών τεχνολογιών στην υγεία και πρόνοια.

Οι ερευνητικές διαστάσεις εξακολουθούν να προκαλούν το ενδιαφέρον των φορέων που ασχολούνται με την έρευνα και την τεχνολογία. Θέματα όπως η επεξεργασία σημάτων και εικόνων, οι επικοινωνιακές λύσεις για τη αποστολή και λήψη τεραστίων όγκων δεδομένων και πληροφοριών, τα θέματα ασφάλειας και ακεραιότητας των δεδομένων και πληροφοριών, τα θέματα αποθήκευσης και ανάκλησης, τα μεγάλα συστήματα διαχείρισης, οι νέες μορφές υπηρεσιών όπως η κατ' οίκον νοσηλεία, η διαχείριση χρονίως πασχόντων από απόσταση κ.α., προκαλούν ακόμα το έντονο ενδιαφέρον των ερευνητών.

Το ενδιαφέρον μπορεί να πει κανείς ότι θα παραμείνει ιδιαίτερα έντονο μέχρις ότου ο όρος Τηλεϊατρική να παύσει ουσιαστικά να υφίσταται.

Ότι δεν θα υπάρχει ανάγκη του όρου αυτού στο μέλλον είναι μάλλον φανερό, δεδομένου ότι οι σχετικές διεργασίες και διαδικασίες θα ενσωματωθούν στη καθημερινή πρακτική. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο το Τμήμα της Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας που εδρεύει στη Γενεύη, από το 1997 γράφει τον αγγλικό όρο ως “TeleMedicine”. Ο όρος “tele” έχει ημερομηνία λήξεως.

1.4.6 Ο έλεγχος δαπανών των υπηρεσιών υγείας και τηλεϊατρική

Λόγω των δημογραφικών μεταβολών, των αυξημένων απαιτήσεων των χρηστών, της αύξησης των εν γένει δαπανών για την απασχόληση εξειδικευμένου προσωπικού και άλλων παραγόντων, οι δαπάνες για την παροχή ιατρικών υπηρεσιών κυρίως αλλά και των υπηρεσιών υγείας βαίνουν αυξανόμενες, με ρυθμούς που προκαλούν το δέος των υπεύθυνων.

Στόχος των αρμοδίων πρέπει να είναι ο έλεγχος των δαπανών και όχι η με κάθε θυσία περιορισμός τους. Αυτή άλλωστε είναι και η στρατηγική που ακολουθείται σε επίπεδο Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Ειδικές μελέτες έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι παρά το υψηλό αρχικό κόστος των σχετικών επενδύσεων, οι τηλεματικές τεχνολογίες προσφέρουν τις καλύτερες δυνατές λύσεις για τον έλεγχο των δαπανών. Δεν είναι λοιπόν περίεργο που σε όλες τις χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης, τα συστήματα υγείας υποστηρίζονται πλέον από εκτεταμένα τηλεματικά δίκτυα και πληθώρα εφαρμογών.

Οι τηλεματικές τεχνολογίες που επιστρατεύονται για την αντιμετώπιση ιατρικών προβλημάτων και των προβλημάτων υγείας, υποβοηθούν το έργο των επαγγελματιών υγείας. Έτσι η ικανότητα αξιοποίησεως των τεχνολογιών για την προσφορά υπηρεσιών

στους ασθενείς, αλλά και στους επαγγελματίες υγείας, η ενασχόληση δηλαδή με την Τηλεϊατρική ή την τηλεματική στην υγεία δεν αποτελεί «νέα ιατρική ειδικότητα». Αποτελεί ουσιαστικά υποχρέωση των επαγγελματιών υγείας να είναι σε θέση να χρησιμοποιούν τα τηλεματικά συστήματα προς όφελος των ασθενών και των ιδίων.

Ο έλεγχος των δαπανών μπορεί να ελεγχθεί μέσω των τηλεματικών τεχνολογιών, λαμβάνοντας υπόψη ότι όλες οι πληροφορίες και τα δεδομένα που παράγονται ή αξιοποιούνται για την αντιμετώπιση ενός περιστατικού, καταγράφονται με ηλεκτρονικό τρόπο. Η καταγραφή επιτρέπει την ανάλυση και την αξιολόγηση και κατά συνέπεια την αντιστοίχιση με δείκτες αποτελεσματικότητας, αποδοτικότητας και φυσικά δαπανών.

1.4.7 Επιχειρηματικές δυνατότητες και τηλεϊατρική

Ο τομέας της Υγείας φαίνεται να είναι από τους τελευταίους που αξιοποίησαν ή αξιοποιούν τις τηλεματικές τεχνολογίες.

Άλλοι τομείς υπήρξαν περισσότερο ανοιχτοί στις καινοτομίες και έδρεψαν τους καρπούς πρωτοβουλιών τους. Ένας από αυτούς που πρωτοστάτησαν στην αξιοποίηση των νέων τεχνολογιών είναι ο τομέας των οικονομικών δραστηριοτήτων, με σημείο αιχμής όσον αφορά τουλάχιστον τον αριθμό των συναλλασσομένων πολιτών, τις τράπεζες. Είναι πλέον προφανές σήμερα, ότι έφθασε και η σειρά του τομέα της υγείας.

Δεδομένου ότι η παροχή υπηρεσιών υγείας μπορεί να καλυφθεί τόσο από το δημόσιο όσο και τον ιδιωτικό τομέα, αναμένονται να εμφανιστούν σημαντικές πρωτοβουλίες και από τις δύο πλευρές, για την ανάπτυξη επιχειρηματικών δραστηριοτήτων.

Παρά την αντίθεση πολλών ακόμα και στην ιδέα των επιχειρηματικών πρωτοβουλιών στο τομέα της υγείας, από φορείς που έχουν ως βάση το κέρδος, δεν μπορεί να παραγνωρίσει κανείς τη σημασία της κερδοφόρου επιχειρηματικής πρωτοβουλίας είτε από το δημόσιο είτε τον ιδιωτικό τομέα. Ίσως αυτός ο παράγων να είναι και το πλέον αντιπροσωπευτικό και αποτελεσματικό κριτήριο της βιωσιμότητας και της ποιότητας των υπηρεσιών.

1.5 Τρόποι μετάδοσης ιατρικής πληροφορίας

Οι τηλεϊατρικές εφαρμογές σε πολλές περιπτώσεις απαιτούν μια καλά μελετημένη και υψηλού κόστους υποδομή. Διαφορετικά σήματα και διαφορετικά είδη πληροφοριών (κείμενο, δεδομένα, ήχος, εικόνες, βίντεο) έχουν και διαφορετικές τεχνικές απαιτήσεις.

Οι τηλεϊατρικές εφαρμογές μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με το αν απαιτούν μικρό, μέτριο ή υψηλό εύρος ζώνης μετάδοσης. Οι επιλογές σε μέσα μετάδοσης περιλαμβάνουν τα ενσύρματα και τα ασύρματα.

1.5.1 Ενσύρματα μέσα

- **Καλώδια συνεστραμμένων ζευγών (twisted wires).**

Είναι τα γνωστά χάλκινα σύρματα των τηλεφωνικών γραμμών, αποτελούνται από τέσσερις ή περισσότερους χάλκινους αγωγούς συστρεμμένους σε ζεύγη. Συνήθως, με το ένα ζεύγος γίνεται η αποστολή, με το άλλο η λήψη.

- **Ομοαξονικά καλώδια (coaxial cables).**

Οι (δύο) αγωγοί είναι τοποθετημένοι ο ένας μέσα στον άλλο και χωρίζονται μεταξύ τους από ένα μονωτικό υλικό.

- **Καλώδια οπτικών ινών (fiber-optic cables).**

Εύκαμπτες ίνες από πλαστική ύλη ή γυαλί, μέσω των οποίων διέρχονται ακτίνες φωτός ή laser .

1.5.1.1 Πλεονεκτήματα ενσύρματου δικτύου

- Υψηλοί ρυθμοί μετάδοσης, έως και 10 Gbps.
- Ασφαλή μετάδοση των δεδομένων.

1.5.1.2 Μειονεκτήματα ενσύρματου δικτύου

- Υψηλό κόστος εγκατάστασης και συντήρησης.
- Αναγκαία η χρήση αναμεταδοτών.

1.5.2 Ασύρματα μέσα

- **Ευρυζωνικά δίκτυα (Broadband Integrated Service Digital Network “B- ISDN”, ATM).**
- **Δορυφορικά δίκτυα.**
- **Ασύρματα δίκτυα (Wireless Local Area Network “WLAN”).**
- **Ad-hoc δίκτυα.**
- **Δίκτυα πλέγματος (Wireless Mesh Network “WMN”).**

Τα WMN συνδυάζουν τα χαρακτηριστικά τόσο ενός WLAN όσο και ενός ad-hoc δικτύου, σχηματίζοντας έτσι ένα έξυπνο ασύρματο ευρυζωνικό δίκτυο, μεγάλης κλίμακας. (Εκτενέστερη ανάλυση τους θα δούμε στο κεφάλαιο 2).

1.5.2.1 Πλεονεκτήματα ασύρματου δικτύου

Υπάρχουν δύο βασικά πλεονεκτήματα στην χρήση ασύρματου δικτύου:

- Φορητότητα.
- Ευελιξία.

Η χρησιμοποίηση ενός φορητού υπολογιστή με ασύρματη τεχνολογία μας δίνει τη δυνατότητα να χρησιμοποιούμε τον υπολογιστή οπουδήποτε μέσα στον χώρο μας. Στα μελλοντικά ταξίδια που θα πραγματοποιήσουμε, θα μπορούμε να συνδεόμαστε στο διαδίκτυο μέσω κάποιου ασύρματου σημείου (τέτοια υπάρχουν σε πολλά καφέ, συνεδριακά κέντρα, αίθουσες αναμονής, αεροδρόμια και άλλα). Στην περίπτωση επέκτασης της εταιρίας μας, θα μπορούμε να τοποθετήσουμε τους υπολογιστές μας χωρίς το κόστος της εγκατάστασης των καλωδίων και όλων των υλικών τοποθέτησης.

1.5.2.2 Μειονεκτήματα ασύρματου δικτύου

Παρόλο που υπάρχουν πολλά πλεονεκτήματα με το ασύρματο δίκτυο υπάρχουν και μερικά μειονεκτήματα. Αυτά διαιρούνται σε τρεις κατηγορίες: ταχύτητα, κόστος και ασφάλεια.

- Η ταχύτητα στο ασύρματο δίκτυο εξαρτάται από το πρωτόκολλο που έχει επιλεγεί αλλά συνήθως είναι εξασθενημένη και πιο ασταθής από ότι στα συμβατικά δίκτυα. Τα καινούρια δίκτυα επιτρέπουν ταχύτητες μέχρι και 100 Mbps και τα παλιότερα δίκτυα των 10 Mbps θα μπορούν να χρησιμοποιηθούν παράλληλα..
- Το κόστος είναι ένας ακόμα λόγος που μπορεί ένα ασύρματο δίκτυο να μην πληρεί τις ανάγκες σας. Παρόλο που οι τιμές τα τελευταία χρόνια έχουν πέσει αρκετά και οι συσκευές είναι πιο προσιτές στους καταναλωτές παραμένουν να είναι αρκετά πιο ακριβές. Για παράδειγμα: μία κάρτα δικτύου μπορεί να στοιχίζει και 20 Ευρώ ενώ ένα αντίστοιχο σύστημα μπορεί να στοιχίσει ακόμα και δύο με τρεις φορές περισσότερο.
- Η ασφάλεια είναι και αυτή ένα σημαντικό μέρος. Μη σωστά εγκατεστημένα δίκτυα ή δίκτυα με χαμηλή ασφάλεια μπορούν πολύ εύκολα να παραβιαστούν.
- Η μετάδοση επηρεάζεται από παράγοντες, όπως έντονα καιρικά φαινόμενα (π.χ. καταιγίδες) και θόρυβο.

1.6 Συμπεράσματα

Παρόλο που ένα σύστημα τηλεϊατρικής εισάγει νέα δεδομένα, νέες τεχνολογίες και άγνωστες συνθήκες εργασίας στους επαγγελματίες υγείας, συγχρόνως αλλάζει τις κλινικές διαδικασίες και αυξάνει το φόρτο εργασίας στα πρώτα στάδια υλοποίησής του. Όλα αυτά είναι πιθανόν να εγείρουν αντιδράσεις από το προσωπικό που, συνήθως, δεν είναι δεκτικό σε μεγάλες αλλαγές. Το αυξημένο κόστος της αρχικής εγκατάστασης των συστημάτων τηλεϊατρικής και της εκπαίδευσης του προσωπικού, αλλά και οι απαραίτητες οργανωτικές αλλαγές που προκύπτουν αυξάνουν το βαθμό δυσκολίας.

Η επέκταση των υπηρεσιών Τηλεϊατρικής σε όλες τις ιατρικές μονάδες (πρωτοβάθμιας, δευτεροβάθμιας και τριτοβάθμιας φροντίδας υγείας), απαιτεί την εκπαίδευση μεγάλου αριθμού στελεχών διαφόρων ειδικοτήτων για εύλογο χρονικό διάστημα, πράγμα που σημαίνει ότι κάποιος επαγγελματίας υγείας μπορεί να απέχει των καθηκόντων του καιρό.

Ωστόσο, η τηλεϊατρική μπορεί να προσφέρει πολλαπλάσια οφέλη ελαττώνοντας το κόστος της φροντίδας υγείας χωρίς την επιβάρυνση της ποιότητας. Επίσης παρέχει ιατρικές υπηρεσίες υψηλής ποιότητας σε υποβαθμισμένες περιοχές αναβαθμίζοντας τις ιατρικές υπηρεσίες σε τοπικό επίπεδο. Επιπλέον, υποστηρίζει τη συνεργασία των επαγγελματιών υγείας όλων των βαθμίδων και τους εκπαιδεύει.

Θα μπορούσε κανείς να φανταστεί τη μελλοντική παροχή της φροντίδας υγείας βασισμένη σε συστήματα τηλεϊατρικής σαν ένα νέο μεγάλο οργανισμό που συνδυάζει κλινικές, νοσοκομεία, ιατρεία ή ακόμα και σπίτια και χώρους εργασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, διοικητές, διαχειριστές, επαγγελματίες υγείας, ασθενείς, ερευνητές και άλλοι εργαζόμενοι θα διασυνδέονται σε ένα αποκεντρωμένο και συνεργατικό οργανισμό, όπου η τεχνολογία θα παίζει τον πρωταρχικό ρόλο στην υλοποίηση και ορθή λειτουργία του μοντέλου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Wireless Mesh Network

2.1 Η αναγκαιότητα του wireless

Σήμερα παραπάνω από το 80% των υπευθύνων τεχνολογίας στον τομέα της υγείας απεφάνθησαν πως οι mobile τεχνολογίες είναι πιο σημαντικές από ότι ήταν το 2008, σύμφωνα με έρευνα που διεξάγει η Motorola.

Πιο συγκεκριμένα σημείωσαν σημεία κλειδιά όπως η αυξημένη ακρίβεια παραγγελιών, μειωμένα μη αυτοματοποιημένα σφάλματα (ανθρώπινες αποφάσεις) και αυξημένη παραγωγικότητα των υπαλλήλων τους, λόγω της χρήσης των mobile τεχνολογιών σε διάφορες κλινικές συνθήκες.

Σύμφωνα με την παραπάνω έρευνα πιστοποιείται πως μερικά από τα κλειδιά εφαρμογές που σηματοδοτούν την αύξηση των επενδύσεων στις mobile τεχνολογίες, είναι τα electronic health records (ηλεκτρονικές καταχωρήσεις υγείας), Computerized physician order entry (CPOE-ηλεκτρονική καταχώρηση οδηγιών από τον θεραπευτή) και το medication administration record (MAR-ηλεκτρονική καταχώρηση της νόμιμης παροχής φαρμάκων στον ασθενή). Μεγάλες επενδύσεις επίσης παρατηρήθηκαν στον τομέα του asset tracking-management, ο οποίος είναι το αποτέλεσμα των οικονομικών πιέσεων της παγκόσμιας οικονομικής κρίσης.

Τελικά η χρήση αυτή είχε ως αποτέλεσμα μείωσης των ανθρωπίνων λαθών κατά 31%. Αυτά τα σφάλματα υπολογίζεται ότι βλάπτουν 1.5εκ. κόσμο κάθε χρόνο, ενώ το ιατρικό κόστος που προκαλείται από επιπλοκές λόγω σφαλμάτων στη χορήγηση φαρμάκων, υπολογίζεται στα \$3.5 δις ετησίως.

Συνεχώς ολοένα και περισσότερα νοσοκομεία εγκαθιστούν ασύρματα τοπικά δίκτυα (WLANs), με στόχο την βελτιστοποίηση της αποδοτικότητας και της λειτουργικότητας και ιδίως σε χώρους με υψηλό αριθμό κίνησης ασθενών όπως οι χώροι επειγόντων περιστατικών, οι χώροι διαχείρισης των νοσοκόμων αλλά και στους χώρους αναμονής ασθενών. Πολλοί είναι οι γιατροί που πλέον απαιτούν mobile εφαρμογές, έναντι του παραδοσιακού τρόπου καταγραφής σε χαρτί. Οι mobile τεχνολογίες ωφελούν όλους τους εμπλεκόμενους μέσα σε ένα νοσοκομειακό ίδρυμα.

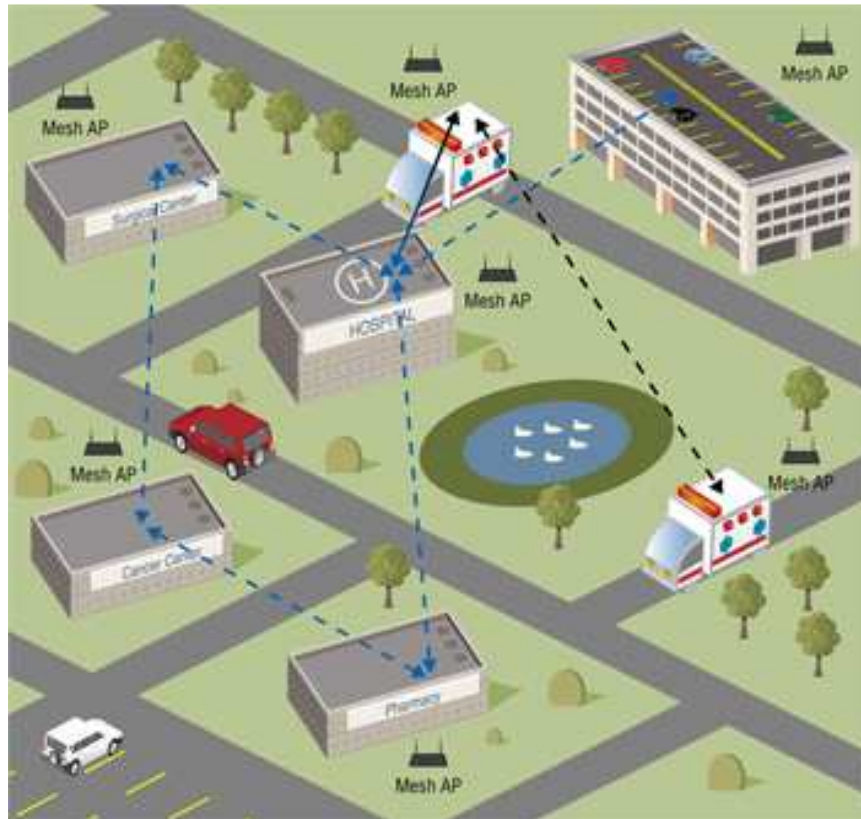
Ξεκινώντας από την κεντρική διαχείριση, κάθε νοσοκομειακό ίδρυμα οφείλει να διατηρεί ακριβή στοιχεία καταχωρήσεων ώστε να εξασφαλίσει ένα αποτελεσματικό επίπεδο περίθαλψης. Μόνο ένα λάθος ενδέχεται να κοστίσει μια ανθρώπινη ζωή και γι' αυτό το λόγο όλες οι καταχωρήσεις των διαγνωστικών αποτελεσμάτων, φαρμακευτικών οδηγιών και πληροφοριών ιστορικού απαιτούνται να γίνονται με ιδιαίτερη μέριμνα και προσοχή. Αυτή η διαδικασία όμως όταν συμβαίνει με γραφική ύλη είναι ιδιαίτερα χρονοβόρα, καταναλώνει το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου του προσωπικού μονάχα για τη διευθέτηση πληροφοριών, ενώ η διαχείριση και η διευθέτηση όλων αυτών των πληροφοριών παραμένει αμφίβολη. Εδώ έρχονται οι mobile υπηρεσίες, όπου η χρήση ασύρματων επικοινωνιών επιτρέπει την μετάδοση πληροφοριών στιγμιαία στο κεντρικό σταθμό και την αυτόματη διαχείριση της πληροφορίας αυτής, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η εξοικονόμηση χρόνου αλλά και η αξιοπιστία των δεδομένων αυτών.

Οι γιατροί και οι νοσοκόμοι από την πλευρά τους βρίσκονται συνεχώς σε κίνηση, καθώς απαιτείται να πηγαίνουν από δωμάτιο σε δωμάτιο για την παροχή ιατρικής περίθαλψης σε ασθενείς. Η χρήση του σχεδιασμού εταιρικών πόρων (Enterprise resource planning “EPR”) και η δυνατότητα ασύρματης μετάδοσης των δεδομένων, επιτρέπει στο νοσοκομειακό προσωπικό την άμεση καταχώρηση και ανανέωσης της πληροφορίας απευθείας στον κεντρικό σταθμό διαχείρισης, από οποιοδήποτε σημείο του νοσοκομείου, απλά και μόνο με τη χρήση ενός ασύρματου συνήθως υπολογιστή παλάμης (palmtop computer “PDA”). Αυτό συντελεί στην αύξηση της ακρίβειας και ταχύτητας της περίθαλψης, αφού εξοικονομείται χρόνος και στις περιπτώσεις που το προσωπικό χρειάζεται να επανακτήσει καταχωρημένες πληροφορίες και έχει έτσι τη δυνατότητα να αποφύγει ανούσια λειτουργικά βήματα. Δίνοντας ένα απλό παράδειγμα της παραπάνω διαδικασίας, ένας γιατρός μπορεί στιγμιαία να εκδώσει μια παραγγελία μέσω του PDA του από το δωμάτιο του ασθενούς. Η παραγγελία αυτή φτάνει στην κεντρική διαχείριση πληροφοριών η οποία εν συνεχεία την αποστέλλει στα εργαστήρια ενώ εκείνοι αναλαμβάνουν να αποστείλουν ένα νοσοκόμο για να πάρει αίμα από τον ασθενή. Το εργαστήριο τέλος θα βγάλει τα σχετικά αποτελέσματα των εξετάσεων που ζητήθηκαν και θα τα καταχωρήσει στον ηλεκτρονικό φάκελο του ασθενούς. Πλέον ο υπεύθυνος ιατρός μπορεί να ελέγξει τα αποτελέσματα αυτά δια μέσου του φακέλου του ασθενούς, από οποιοδήποτε σημείο του νοσοκομείου κι αν βρίσκεται, οποιαδήποτε στιγμή. Πράγματι, η ασφάλεια των ασθενών, η κλινική διαδικασία και τα οφέλη σε δαπάνες είναι οι κύριοι λόγοι για την εγκατάσταση mobile υπηρεσιών. Η ασύρματη υποδομή δίνει τη δυνατότητα αυτόνομης χρήσης υπολογιστικού συστήματος, έτσι ώστε να αποφευχθούν περιπτώσεις ακόμα και ανταγωνιστικής συμπεριφοράς στη χρήση των ήδη υπάρχοντων σταθερών και περιορισμένου αριθμού υπολογιστών όπως αναφέρει χαρακτηριστικά ο Joe Butler, αντιπρόεδρος και υπεύθυνος πληροφοριών στο νοσοκομείο παιδών του Μαϊάμι.

2.2 Wireless Mesh Network

Ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος (WMN) είναι ένα δίκτυο επικοινωνιών που αποτελείται από ασύρματους κόμβους οργανωμένους σε τοπολογία πλέγματος. Η περιοχή κάλυψης των ασύρματων κόμβων λειτουργεί ως ενιαίο δίκτυο που ονομάζεται μερικές φορές «σύννεφο». Η πρόσβαση σε αυτό το σύννεφο των ασύρματων κόμβων εξαρτάται από τους ασύρματους κόμβους που εργάζονται σε αρμονία μεταξύ τους για τη δημιουργία ενός ασύρματου δικτύου. Ένα δίκτυο πλέγματος είναι αξιόπιστο και προσφέρει οικονομία. Η παρουσία δυναμικών και προσαρμοστικών πρωτοκόλλων επιτρέπει στα WMNs δίκτυα να σχηματίζονται γρήγορα. Όταν ένας κόμβος δεν μπορεί πλέον να λειτουργήσει, το υπόλοιπο των κόμβων μπορεί να εξακολουθούν να επικοινωνούν μεταξύ τους, απευθείας ή μέσω ενός ή περισσοτέρων ενδιάμεσων κόμβων.

Ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος μπορεί να θεωρηθεί ως ένας ειδικός τύπος του ασύρματου ad-hoc δικτύου όπου όλοι οι κόμβοι του ασύρματου είναι στατικοί και δεν δοκιμάζουν την άμεση κινητικότητα. Ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος έχει συχνά μια πιο προγραμματισμένη διαμόρφωση, και μπορεί να αναπτυχθεί για να παρέχει δυναμική και αποδοτική συνδεσιμότητα σε μια συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή. Ένα ad-hoc δίκτυο, από την άλλη πλευρά, σχηματίζεται, όταν οι ασύρματες συσκευές εμπίπτουν στο φάσμα της επικοινωνίας μεταξύ τους.



Εικόνα 12 : Παράδειγμα μίας mesh τοπολογίας

2.2.1 Πλεονεκτήματα

1. Διατήρηση του σήματος μετάδοσης σε υψηλά επίπεδα ως το τελικό προορισμό, αφού κάθε φορά γίνεται αναμετάδοση του σήματος στον κοντινό κόμβο.
2. Δυνατότητα ελαχιστοποίησης της κατανάλωσης ισχύος λόγω αυτής της δυναμικής διαχείρισης της δρομολόγησης.
3. Η απλοϊκότητα της εγκατάστασης σε συνδυασμό με τα οφέλη τόσο του επεκτάσιμου coverage, που έχει όρια τα όρια του συνόλου των κόμβων, αλλά και του self-healing.
4. Εξοικονόμηση κόστους, ισχύος και εγκατάστασης.
5. Διαλειτουργικότητα (interoperability).
6. Ποιότητα επικοινωνίας.

2.2.2 Αρχιτεκτονική

Όλα τα εξαρτήματα που μπορούν να συνδεθούν σε ένα ασύρματο μέσο ενός δικτύου, αναφέρονται ως σταθμοί.

Όλοι οι σταθμοί είναι εξοπλισμένοι με ασύρματες κάρτες δικτύου interface (WNIC).

Οι ασύρματοι σταθμοί χωρίζονται σε μία ή δύο κατηγορίες :τα σημεία πρόσβασης και τους πελάτες.

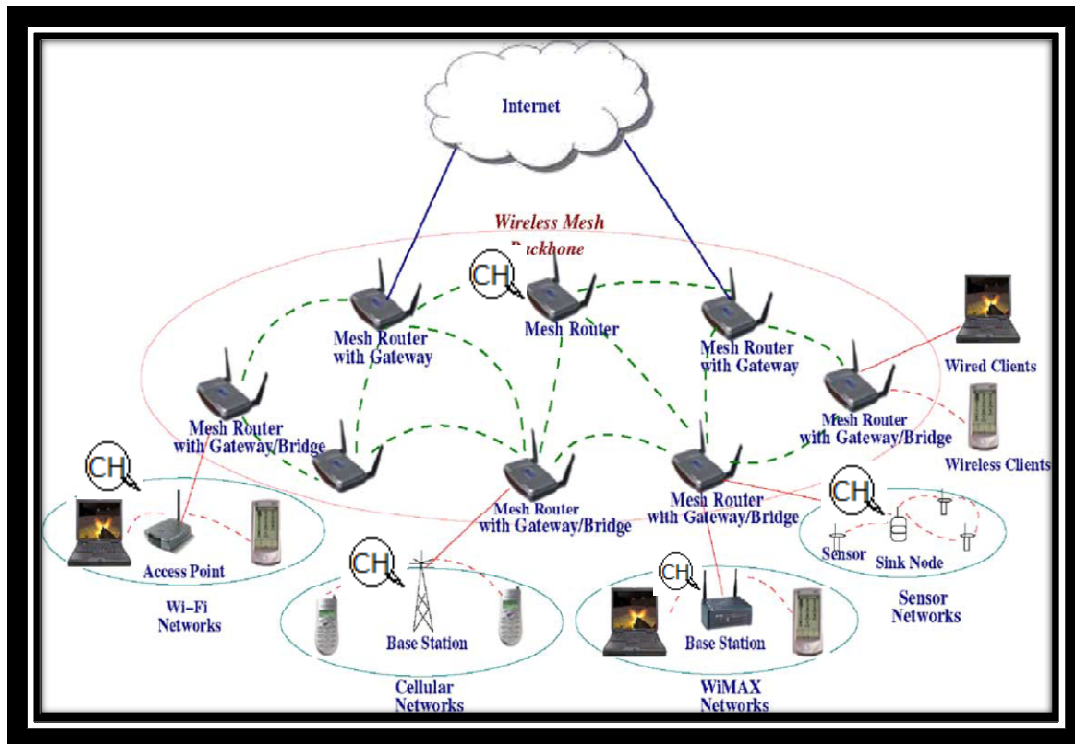
Τα σημεία πρόσβασης (AP) είναι σταθμοί βάσης για το ασύρματο δίκτυο. Εκπέμπουν και λαμβάνουν ραδιοσυχνότητες για συσκευές με δυνατότητα ασύρματης επικοινωνίας.

Οι ασύρματοι πελάτες μπορούν να είναι κινητές συσκευές όπως laptop, προσωπικοί ψηφιακοί βοηθοί, IP τηλέφωνα, ή σταθερές συσκευές όπως τα desktops και οι σταθμοί εργασίας οι οποίοι είναι εξοπλισμένοι με ένα ασύρματο interface δικτύου.

2.2.3 Υπάρχουν τρεις τύποι ασύρματων mesh δικτύων

1. Ο ιεραρχικός τύπος διάρθρωσης.

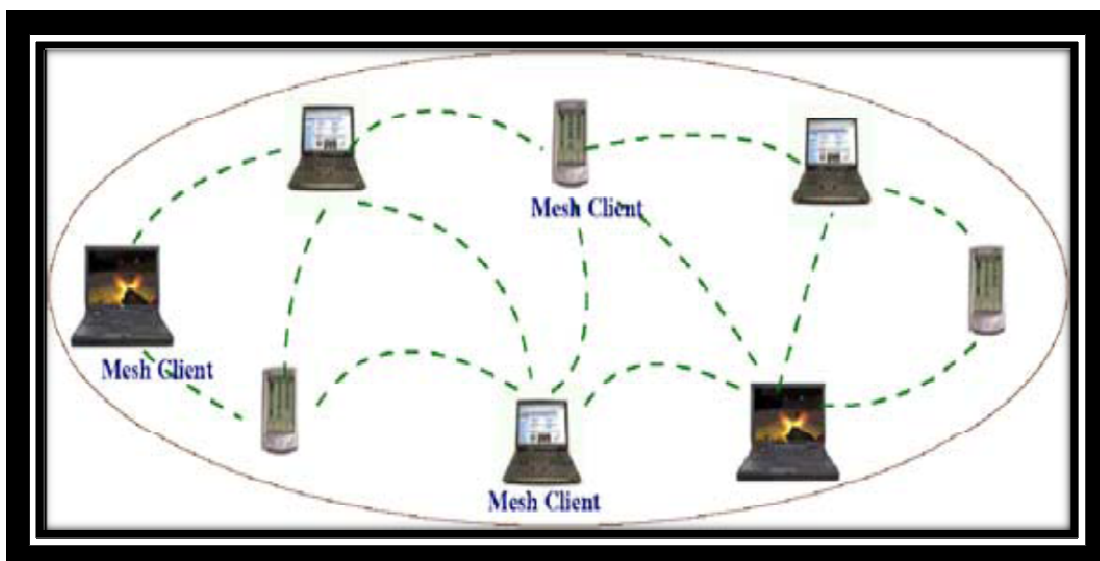
Στον ιεραρχικό τύπο οι κόμβοι είναι χωρισμένοι σε ομάδες, που αποκαλούνται Δέσμες (clusters). Υπάρχουν τρία είδη κόμβων σε κάθε δέσμη ο «αρχηγός» (cluster-head - CH), ο κόμβος-πύλη (gateway-GW) και ο «πελάτης» (clustermember-Internal). Ο «αρχηγός» βασικά προσομοιώνει τις λειτουργίες ενός σημείου πρόσβασης (AP - Access Point). Όλοι οι κόμβοι μιας δέσμης μπορούν να επικοινωνούν με τον «αρχηγό» και ενδεχομένως και με κάθε άλλο μέλος της ίδιας δέσμης. Πολλά κριτήρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την εκλογή του «αρχηγού». Αυτά τα κριτήρια μπορεί να περιλάβουν την συνδεσιμότητα του κόμβου με τους γειτονικούς κόμβους και την ισχύ μετάδοσης. Οι «πύλες» χρησιμοποιούνται για την επικοινωνία ανάμεσα στις δέσμες. Οι «πύλες» μπορούν επίσης να λειτουργήσουν κι ως γέφυρες (bridges) και έτσι να επιτύχουν την σύνδεση του δικτύου πλέγματος με άλλα δίκτυα.



Εικόνα 13 : Ιεραρχικός τύπος διάρθρωσης

2. Ο επίπεδος τύπος διάρθρωσης.

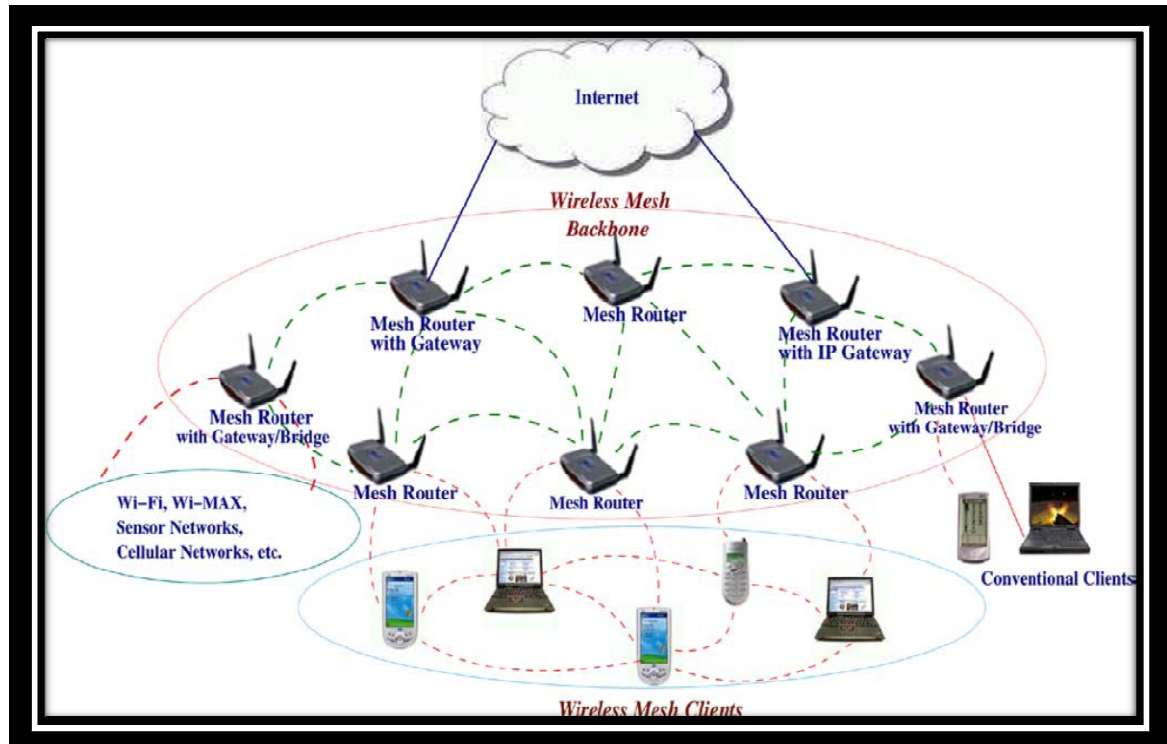
Στον επίπεδο τύπο η αρχιτεκτονική δεν ομαδοποιεί τους κόμβους αλλά όλοι έχουν ίσες ευθύνες. Συνδέσεις γίνονται μεταξύ κόμβων που βρίσκονται σε αρκετά κοντινή απόσταση ώστε να δοθούν επαρκής συνθήκες διάδοσης των ραδιοκυμάτων και να δημιουργηθεί η σύνδεση. Σε αυτόν τον τύπο αρχιτεκτονικής όλοι οι κόμβοι αποτελούν το πραγματικό δίκτυο που εκτελεί την λειτουργία της δρομολόγησης. Ένα πακέτο που έχει σταλεί προς έναν κόμβο θα περάσει μέσω πολλαπλών μέχρι να φτάσει στον προορισμό του.



Εικόνα 14 : Επίπεδος τύπος διάρθρωσης

3. Ο υβριδικός τύπος διάρθρωσης.

Ο τρίτος τύπος, ο υβριδικός, είναι ο συνδυασμός του ιεραρχικού και του επίπεδου. Αυτή η προσέγγιση δίνει την δυνατότητα διασύνδεσης με άλλα δίκτυα ενώ παράλληλα προσφέρει την σταθερότητα μέσω της δρομολόγησης των πακέτων από όλους τους κόμβους.



Εικόνα 15 : Υβριδικός τύπος διάρθρωσης

2.2.4 Διαχείριση

Τα ασύρματα δίκτυα πλέγματος μπορούν να αποκεντρωθούν (χωρίς κεντρικό διακομιστή) ή κεντρικά διαχειριζόμενο (με έναν κεντρικό διακομιστή), και τα δύο είναι σχετικά φθηνά, πολύ αξιόπιστα και ευπροσάρμοστα, καθώς κάθε κόμβος χρειάζεται να μεταδίδει μόνο όσον αφορά στον επόμενο κόμβο. Οι κόμβοι λειτουργούν ως δρομολογητές για τη μεταφορά δεδομένων από κοντινούς κόμβους σε ισότιμους που είναι πάρα πολύ μακριά για να φτάσουν με μόνο ένα βήμα, καταλήγοντας σε ένα δίκτυο το οποίο μπορεί να καλύψει μεγαλύτερες αποστάσεις. Η τοπολογία ενός δικτύου πλέγματος είναι επίσης πιο αξιόπιστη, δεδομένου ότι κάθε κόμβος συνδέεται με διάφορους άλλους κόμβους. Αν κάποιος κόμβος εγκαταλείψει το δίκτυο, λόγω βλάβης του δικτύου ή για οποιοδήποτε άλλο λόγο, οι γείτονές του μπορούν να βρουν γρήγορα μια άλλη διαδρομή χρησιμοποιώντας ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης.

2.2.5 Εφαρμογές

Τα Mesh δίκτυα μπορεί να αφορούν είτε σταθερές είτε κινητές συσκευές. Οι λύσεις είναι τόσο διαφορετικές όσο οι ανάγκες της επικοινωνίας, για παράδειγμα, σε δύσκολες συνθήκες όπως σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, σήραγγες, εξέδρες άντλησης πετρελαίου, επιτήρησης πεδίου μάχης, υψηλή ταχύτητα σε κινητές εφαρμογές βίντεο, σε μέσα μαζικής μεταφοράς ή σε πραγματικό χρόνο τηλεμετρίας σε αγωνιστικό αυτοκίνητο. Μια σημαντική πιθανή εφαρμογή για ασύρματα δίκτυα πλέγματος είναι το VoIP. Χρησιμοποιώντας ένα σχέδιο ποιότητας εξυπηρέτησης, το ασύρματο mesh δίκτυο μπορεί να υποστηρίξει τις τοπικές τηλεφωνικές κλήσεις να δρομολογούνται μέσω του mesh .

Μερικές τρέχουσες εφαρμογές:

- 1) Αμερικανικές στρατιωτικές δυνάμεις χρησιμοποιούν τώρα τα ασύρματα δίκτυα πλέγματος για να συνδέουν τους υπολογιστές τους, κυρίως φορητούς υπολογιστές, σε επιτόπιες επιχειρήσεις.
- 2) Ο Iridium αστερισμός αποτελούμενος από 66 δορυφόρους λειτουργεί ως δίκτυο πλέγματος, με ασύρματες συνδέσεις μεταξύ γειτονικών δορυφόρων. Οι κλήσεις μεταξύ δύο δορυφορικών τηλεφώνων καθοδηγούνται μέσω του δικτύου πλέγματος, από τον ένα δορυφόρο στον άλλο σε όλο τον αστερισμό, χωρίς να χρειάζονται να περάσουν από επίγειους σταθμούς. Αυτό επιτυγχάνει για το σήμα μια μικρότερη απόσταση ταξιδιού, τη μείωση της λανθάνουσας κατάστασης, και επίσης επιτρέπει στον αστερισμό του να λειτουργεί με πολύ λιγότερους επίγειους σταθμούς από όσους θα απαιτούνταν για 66 παραδοσιακούς δορυφόρους επικοινωνιών.



Εικόνα 16 : Ένας δορυφόρος Iridium

- 3) Εγκατάσταση μετρητών ηλεκτρικής ενέργειας σε κατοικίες για να μεταφέρουν τις ενδείξεις της εκάστοτε κατανάλωσης. Μάλιστα στο Μαυροβούνιο η EPCG αποφάσισε τη χρήση του μέτρου αυτού κυρίως ως αντίμετρο για την «κλοπή» ηλεκτρικής ενέργειας σε διάφορα σημεία του δικτύου τον τρόπο αυτό το συνεχώς επεκτεινόμενο δίκτυο μπορεί να μεταφέρει πληροφορίες για την κατάσταση του δικτύου της ηλεκτρικής ενέργειας σε κάθε του σημείο με αποτέλεσμα να εντοπίζονται οι παραβάτες αλλά και να μη χρειάζεται καλωδίωση για τους μετρητές.

- 4) Ο Νικόλας Νεγκροπόντε δια μέσω της μη κερδοσκοπικής οργάνωσης “One Laptop Per Child Association” (OLPC), έχει αναλάβει τη διάδοση laptop για τα παιδιά στις αναπτυσσόμενες χώρες. Τα laptop αυτά επιλέχθηκε να κάνουν χρήση mesh networking ώστε να επιτραπεί στους μαθητές να ανταλλάσουν αρχεία και να έχουν πρόσβαση στο διαδίκτυο χωρίς την ανάγκη κάποιας ιδιαίτερης υποδομής ή τη χρήση καλωδίωσης. (Εκτενέστερη ανάλυση γίνεται στο επόμενο κεφάλαιο).
- 5) Οι Η.Π.Α κάνουν χρήση mesh networking για την διασύνδεση των υπολογιστικών τους συστημάτων όταν επιχειρούν σε σημεία όπου δεν υφίσταται εκ των προτέρων υποδομή και απαιτείται άμεσα αξιόπιστη επικοινωνία.
- 6) Τα WMNs αρχίζουν να κάνουν την εμφάνιση τους ιδιαίτερα στον εμπορικό χώρο για την χρήση υπηρεσιών video και VoIP. Συγκεκριμένα οι αυτοκινητοβιομηχανίες κινούνται προς τη μεταξύ διασύνδεση των οχημάτων αλλά και διασύνδεση τους με σταθερούς κόμβους (vehicular mesh) που θα βρίσκονται εγκατεστημένοι στο δρόμο με στόχο την παροχή υπηρεσιών όπως, εύρεση διαδρομής αλλά και αποφυγή ατυχημάτων.
- 7) Το mesh δίνει τη δυνατότητα διασύνδεσης ολόκληρων περιοχών ή και πόλεων. Το εγχείρημα έγινε ιδιαίτερα με το project του MIT το roofnet. Στόχος του ήταν η διασύνδεση και δυνατότητας παροχής πρόσβασης στο διαδίκτυο στους κατοίκους του Cambridge. Το δίκτυο αυτό αποτελείται από 20 ενεργούς κόμβους που είναι εγκατεστημένοι στις ταράτσες σπιτιών και παρέχει δικτύωση μέσω του IEEE standard 802.11b/g. Τέτοιες απόπειρες θα εμφανίζονται ολοένα και περισσότερο ειδικά στις μικρές κωμοπόλεις, παρέχοντας έτσι πρόσβαση και στις πιο απομακρυσμένες περιοχές.

2.2.6 Παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση του δικτύου πλέγματος

Οι παράγοντες που επηρεάζουν την επίδοση ενός δικτύου πλέγματος και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τη σχεδίαση, επέκταση και λειτουργία του, είναι :

1) Τεχνικές ραδιοεπικοινωνίας.

Στόχος είναι η αύξηση της χωρητικότητας και η ευελιξία του δικτύου. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση κατευθυντήρων και έξυπνων κεραιών καθώς και με συστήματα πολλαπλών εισόδων και πολλαπλών εξόδων (multiple-input and multiple-output “MIMO”) και πολλαπλών ραδιοεπικοινωνιών / καναλιών (multiradio / multi-channel). Νωρίτερα μπορεί να χρησιμοποιηθεί επαναρρυθμική της ραδιοεπικοινωνίας reconfigurable radios), γνωστικές ραδιοεπικοινωνίες (cognitive radios), ακόμη και ραδιοεπικοινωνίες λογισμικού (software radios). Οι τεχνολογίες αυτές είναι ακόμη σε αρχικό στάδιο και μπορούν να παράσχουν δυναμικό έλεγχο στο δίκτυο. Προαπαιτούμενο για τη χρήση τέτοιων τεχνολογιών είναι η σχεδίαση νέων πρωτοκόλλων λόγω και των προκλήσεων που εισάγουν. Ενδεικτικό πρόβλημα αποτελούν οι κατευθυντήριες κεραίες που ενώ μειώνουν τον αριθμό των εκτεθειμένων κόμβων, λόγω του στενού λοβού που έχουν, αυξάνουν ταυτόχρονα τους κρυμμένους κόμβους.

2) Κλιμακοσιμότητα.

Είναι χαρακτηριστικό ότι, όταν αυξάνεται το μέγεθος ενός δικτύου, η επίδοση του χειροτερεύει. Λόγω του μεγάλου μεγέθους τους και της αρχιτεκτονικής τους, τα WMN_s δεν μπορούν να υποστηρίξουν κεντρικά ελεγχόμενες δομές πολλαπλής πρόσβασης (Time Division Multiple Access “TDMA”, Code Division Multiple Access “CDMA”). Συνήθως στα WMN_s χρησιμοποιείται ο Μεταφορέας αίσθησης πολλαπλής πρόσβασης με αποφυγή συγκρούσεων (Carrier sense multiple access with collision avoidance “CSMA/CA”) που μειώνει την αναχρησιμοποίηση συχνότητας και συνεπώς την κλιμακοσιμότητα του δικτύου.

3) Πλεγματική σύνδεση.

Τα πρωτόκολλα που χρησιμοποιούνται πρέπει να λαμβάνουν υπόψη τους την πλεγματική σύνδεση και επιπλέον να περιλαμβάνουν αλγορίθμους αυτοοργάνωσης και ελέγχου τοπολογίας.

4) Ευρυζωνικότητα και ποιότητα υπηρεσίας (QoS).

Οι περισσότερες εφαρμογές των WMN_s απαιτούν ευρυζωνική σύνδεση με αυξημένες απαιτήσεις ποιότητας υπηρεσίας. Συνεπώς εκτός από την από άκρο-σε-άκρο καθυστέρηση και τη δικαιοσύνη (fairness), χρειάζονται και άλλα μέτρα επίδοσης όπως η διακύμανση της καθυστέρησης μετάδοσης (delay jitter), ο συνολικός και ανά κόμβο ρυθμός διέλευσης καθώς και ο ρυθμός απώλειας πακέτων (packet loss ratio).

5) Συμβατότητα και διαλειτουργικότητα.

Τα WMN_ς πρέπει να είναι συμβατά με κοινούς χρήστες ενώ οι δρομολογητές πλέγματος να μπορούν να διαλειτουργούν με τα άλλα ασύρματα δίκτυα.

6) Ασφάλεια.

Η καταναμημένη αρχιτεκτονική των WMN_ς δεν επιτρέπει την ύπαρξη μιας έμπιστης κεντρικής αρχής που θα διαχειρίζεται τα θέματα ασφαλείας. Οι μέθοδοι που εφαρμόζονται στα ad hoc δίκτυα μπορούν να υιοθετηθούν και στα WMN_ς. Εντούτοις υπάρχουν πολλές δυσκολίες που προκαλεί κυρίως η διαφορετική αρχιτεκτονική των δύο αυτών τύπων δικτύων.

7) Ευκολία στη χρήση.

Τα WMN_ς πρέπει να είναι όσο το δυνατό αυτόνομα. Η αυτονομία αφορά τη διαχείριση ισχύος, την αυτοοργάνωση, τον έλεγχο της τοπολογίας, την αντοχή στις δυσλειτουργίες και τη διαδικασία εγγραφής και πιστοποίησης. Επιπλέον πρέπει να αναπτυχθούν εργαλεία διαχείρισης για την αποδοτική διατήρηση της λειτουργίας, τον έλεγχο της επίδοσης και τη ρύθμιση των παραμέτρων των WMN_ς.

2.2.7 Λειτουργία

Η αρχή είναι όμοια με τον τρόπο που τα πακέτα ταξιδεύουν σε όλο το ασύρματο internet, τα δεδομένα θα πηδήξουν από τη μία συσκευή στην άλλη μέχρι να φτάσουν στον τελικό προορισμό τους. Οι δυναμικοί αλγόριθμοι δρομολόγησης που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε συσκευή επιτρέπουν να συμβεί αυτό. Για να χρησιμοποιηθούν τέτοια δυναμικά πρωτόκολλα δρομολόγησης κάθε συσκευή χρειάζεται να επικοινωνεί με τις πληροφορίες διαδρομής σε άλλες συσκευές μέσα στο δίκτυο. Κάθε συσκευή τότε αποφασίζει τι να κάνει με τα δεδομένα που λαμβάνει, είτε να τα δώσει στην επόμενη συσκευή είτε να τα διατηρήσει ανάλογα με το πρωτόκολλο. Ο εκάστοτε αλγόριθμος δρομολόγησης θα πρέπει να διασφαλίζει ότι τα δεδομένα θα ακολουθούν την πιο σύντομη διαδρομή προς τον προορισμό της.

2.2.8 Δρομολόγηση

Τα κύρια χαρακτηριστικά που πρέπει να έχει ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης για να μπορεί να ικανοποιήσει τις ιδιαίτερες απαιτήσεις που έχει ένα Mesh Network είναι:

- 1) Προσαρμοστικά στις χωρικές μεταβολές των κόμβων, καθώς είναι φορητοί και κινούνται στο χώρο. Ως επακόλουθο μπορεί ανά πάσα στιγμή να αλλάζει η δρομολόγηση σε σχέση με τη διαφορετική θέση που θα έχουν οι κόμβοι και θα μπορεί να δημιουργηθούν τελείως διαφορετικά μονοπάτια τα οποία και θα πρέπει να ακολουθούν την επικοινωνία.
- 2) Δυνατότητα λειτουργίας και προσαρμογής στα διαφορετικά πρωτόκολλα καθώς οι διάφοροι κόμβοι που συμμετέχουν μπορεί να έχουν τελείως διαφορετικές τεχνολογίες και ταχύτητες. Αυτή η ανομοιομορφία ρίχνει τις αποδόσεις του δικτύου έως και τα επίπεδα των κόμβων με τις ελάχιστες δυνατότητες.
- 3) Η επικοινωνία μεταξύ δύο κόμβων μπορεί να είναι κατευθυντική, δηλαδή ένας κόμβος να δέχεται μόνον από κάποιον άλλο και να μην μπορεί να του στείλει καθώς ο κόμβος-πομπός μπορεί να έχει ισχυρό πομπό ενώ ο δέκτης να μην έχει. Ο αλγόριθμος δρομολόγησης θα πρέπει να βρίσκει εναλλακτική οδό ώστε η επικοινωνία αυτή να επιτυγχάνεται αμφιμονοσήμαντα.
- 4) Τέλος ο αλγόριθμος θα πρέπει να μην κάνει κατάχρηση της περιορισμένης ενέργειας, αλλά και της γενικότερης ισχύος των κόμβων.

Επιπλέον ένας ιδανικός αλγόριθμος δρομολόγησης θα πρέπει να παρέχει δυνατότητες:

- 1) Επεκτασιμότητας. Γενικότερα η επεκτασιμότητα είναι ένα χαρακτηριστικό των δικτύων που υποστηρίζει την δυνατότητα της συνεχούς αύξησης των δικτυακών παραμέτρων, όπως την ταχύτητα ή το πλήθος κόμβων, χωρίς να μειώνεται η επίδοση του.
- 2) Κατανεμημένη διαχείριση, δηλαδή να μην στηρίζεται σε κάποιον κεντρικό κόμβο-ρυθμιστή.
- 3) Λειτουργία κατ' απαίτηση, δηλαδή να λειτουργούν οι μηχανισμοί του δικτύου μόνο όταν χρειάζεται κι όχι συνεχώς.
- 4) Χρήση πολλαπλών, εναλλακτικών, προορισμών ώστε εάν πάψει να ισχύει κάποιος να δοκιμάζεται ο επόμενος χωρίς να χρειάζεται να αρχίσει η δρομολόγηση εξ' αρχής.

- 5) Υποστήριξη QoS2. Ο γενικός στόχος ενός πρωτοκόλλου δρομολόγησης είναι το να μεταφέρονται με αξιοπιστία τα πακέτα από την πηγή στον προορισμό, μεγιστοποιώντας την χωρητικότητα του δικτύου και ελαχιστοποιώντας την καθυστέρηση παράδοσης. Η υποστήριξη του QoS δίνει την δυνατότητα στον αλγόριθμο δρομολόγησης να γνωρίζει ανά πάσα στιγμή ποιοί πόροι υπάρχουν διαθέσιμοι.
- 6) Διατήρηση της ενέργειας με δυνατότητα λειτουργίας σε αναμονή (sleep mode). Λόγω του ότι οι κόμβοι μπορεί να είναι φορητοί υπολογιστές και υπολογιστές παλάμης (PDAs) με περιορισμένες μπαταρίες, είναι πάρα πολύ σημαντικό να λειτουργεί το δικτυακό πρωτόκολλο με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται η προσωρινή αναστολή λειτουργίας κόμβων.
- 7) Υποστήριξη τμηματοποίησης του δικτύου. Αυτή η τμηματοποίηση οδηγεί στην δημιουργία μικρών αυτόνομων δικτύων που έχουν εσωτερική επικοινωνία ακόμα κι αν δεν επικοινωνούν με το υπόλοιπο δίκτυο.

2.2.8.1 Κατηγορίες πρωτοκόλλων δρομολόγησης

Η δρομολόγηση πάντα αξιοποιεί την γνώση για την συνδεσιμότητα του δικτύου και κυρίως την κατάσταση των συνδέσεων. Αυτή είναι η λεγόμενη “topology-based” προσέγγιση. Μια εναλλακτική προσέγγιση είναι η “location-based” (ή positionbased), που χρησιμοποιεί πληροφορίες σχετικά με την φυσική θέση των κόμβων ώστε να διευκολυνθεί η διαδικασία της δρομολόγησης. Μια εναλλακτική προσέγγιση ονομάζεται “power/energy-aware routing” χρησιμοποιεί πληροφορίες που σχετίζονται με τις ενεργειακές δυνατότητες των κόμβων, δηλαδή πόσο χρόνο ζωής έχει η μπαταρία.

2.2.8.2 Πρωτόκολλα δρομολόγησης που βασίζονται στην τοπολογία

Τα πρωτόκολλα που βασίζονται στην τοπολογία μπορούν να χωριστούν σε τρεις γενικές κατηγορίες, βάση του τρόπου με τον οποίο εντοπίζονται αλλά και ενημερώνονται τα δρομολόγια, σε proactive (που επίσης ονομάζονται table-driven), reactive (που επίσης ονομάζονται on-demand) και τα υβριδικά.

✓ Proactive (Table-Driven) Routing.

Η proactive προσέγγιση είναι παρόμοια με την μη-συνδεσμική προσέγγιση των κλασικών δικτύων datagram. Στην proactive οι πληροφορίες για τους κόμβους ενημερώνονται μέσω μιας περιοδικής διαδικασίας, προσπαθώντας να προϋπολογιστούν τα δρομολόγια.

1) Προορισμός διαδοχικής Απόστασης-Vector Routing (Destination-Sequenced Distance-Vector “DSDV”).

Το DSDV πρωτόκολλο λειτουργεί ως ένας πίνακας δρομολόγησης για δίκτυα πλέγματος με βάση την Bellman-Ford αλγόριθμο. Αυτό αναπτύχθηκε από τους C. Perkins και P.Bhagwat το 1994. Η κύρια συνεισφορά του αλγορίθμου είναι η επίλυση του προβλήματος δρομολόγησης σε βρόχο.

Επιλογή της διαδρομής

Εάν ένας δρομολογητής λαμβάνει νέες πληροφορίες, τότε χρησιμοποιεί τον επόμενο αριθμό. Αν αυτός ο αριθμός είναι ο ίδιος με εκείνον που υπήρχε πριν, τότε χρησιμοποιείται η διαδρομή με την καλύτερη μέτρηση. Παλαιές καταχωρήσεις είναι οι θέσεις που δεν έχουν ενημερωθεί για κάποιο χρονικό διάστημα, μαζί με τις οποίες διαγράφονται και οι διαδρομές που χρησιμοποιούν αυτές .

Μειονεκτήματα

Το DSDV απαιτεί την τακτική ενημέρωση των πινάκων δρομολόγησης του, η οποία χρησιμοποιεί την ισχύ της μπαταρίας ακόμα και για μια μικρή ποσότητα του εύρους ζώνης, ακόμη και όταν το δίκτυο είναι σε αδράνεια.

Κάθε φορά που αλλάζει η τοπολογία στο δίκτυο, ένας νέος αύξων αριθμός είναι απαραίτητος πριν κλείσει το δίκτυο. Έτσι, το DSDV δεν είναι κατάλληλο για πολύ δυναμικά δίκτυα.

2) Optimized Link State Routing Protocol “OLSR”.

Το OLSR είναι ένα πρωτόκολλο IP δρομολόγησης βελτιστοποιημένο για κινητά δίκτυα ad-hoc, το οποίο μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και στα WMNs.

Οφέλη

Όντας ενεργό πρωτόκολλο, τα δρομολόγια προς όλους τους προορισμούς εντός του δικτύου είναι γνωστά και διατηρούνται πριν από τη χρήση. Έχοντας τα δρομολόγια διατεθειμένα στον πρότυπο πίνακα δρομολόγησης μπορεί να είναι χρήσιμο για ορισμένα συστήματα και εφαρμογές του δικτύου, καθώς δεν υπάρχει καθυστέρηση για την εύρεση μιας νέας διαδρομής.

✓ Reactive (On-Demand) Routing.

Η όλη φιλοσοφία πίσω από την On-Demand προσέγγιση είναι ότι το δίκτυο αξιολογείται για να βρεθεί κατάλληλη δρομολόγηση μόνο όταν χρειαστεί να μεταφερθούν δεδομένα. Με αυτή την λογική όσο το δίκτυο δεν έχει κίνηση δεν πρόκειται να απασχολείται.

1) Δυναμική Πηγή δρομολόγησης (Dynamic Source Routing “DSR”).

Το DSR είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης για ασύρματα δίκτυα πλέγματος. Είναι παρόμοιο με το (Ad hoc On-Demand Distance Vector “AODV”) υπό την έννοια ότι αποτελεί μια διαδρομή, για τη διαβίβαση των αιτημάτων ενός υπολογιστή. Ωστόσο, χρησιμοποιεί τη δρομολόγηση προέλευσης, αντί να βασίζεται σε πίνακα δρομολόγησης σε κάθε ενδιάμεση συσκευή.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Αυτό το πρωτόκολλο χρησιμοποιεί μια μη ενεργή προσέγγιση, η οποία εξαλείφει την ανάγκη να κατακλύσουν το δίκτυο περιοδικά μηνύματα ενημέρωσης που απαιτούνται σε έναν πίνακα με γνώμονα την προσέγγιση. Σε ένα πρωτόκολλο όπως αυτό, η διαδρομή καθορίζεται μόνο όταν αυτό απαιτείται, και ως εκ τούτου αποβάλλεται και η ανάγκη να βρεθούν διαδρομές για όλους τους άλλους κόμβους στο δίκτυο. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι χρησιμοποιούν επίσης τις πληροφορίες από τη μνήμη της διαδρομής αποτελεσματικά για τη μείωση των γενικών εξόδων ελέγχου. Το μειονέκτημα αυτού του πρωτοκόλλου είναι ότι ο μηχανισμός συντήρησης της διαδρομής δεν επισκευάζει τοπικά μια σύνδεση. Παλαιές πληροφορίες στη μνήμη της διαδρομής θα μπορούσαν επίσης να οδηγήσουν σε αντιφάσεις κατά τη διάρκεια της φάσης ανοικοδόμησης της. Ακόμα κι αν το πρωτόκολλο έχει καλή απόδοση σε στατικά και χαμηλής κινητικότητας περιβάλλοντα, η απόδοση υποβαθμίζεται ραγδαία με την αύξηση της κινητικότητας. Επίσης, δημιουργείται σημαντική αύξηση των γενικών δρομολογήσεων, λόγω της δρομολόγησης πηγής-μηχανισμού που απασχολούνται σε DSR. Αυτή η επιβάρυνση δρομολόγησης είναι ευθέως ανάλογη με το μήκος της διαδρομής.

2) Ad hoc On-Demand Distance Vector “AODV”.

Το AODV είναι ένα πρωτόκολλο δρομολόγησης για κινητά ad hoc δίκτυα (MANET) και άλλα ασύρματα δίκτυα όπως τα WMNs.

Πρόκειται για ένα μη ενεργό πρωτόκολλο δρομολόγησης, υπό την έννοια ότι θεσπίζει μια διαδρομή προς έναν προορισμό μόνο για τη ζήτηση. Σε αντίθεση, με τα πιο κοινά πρωτόκολλα δρομολόγησης του διαδικτύου που είναι ενεργά, που σημαίνει ότι βρίσκουν μονοπάτια δρομολόγησης, ανεξάρτητα από τη χρήση των διαδρομών. Το AODV αποφεύγει την καταμέτρηση προς το άπειρο των προβλημάτων των διανυσματικών αποστάσεων με τη χρήση αριθμών ακολουθίας από τις ενημερώσεις της διαδρομής, μια τεχνική που άρχισε με το DSDV. Το AODV είναι σε θέση τόσο μονής όσο και πολλαπλής δρομολόγησης.

Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα

Το βασικό πλεονέκτημα αυτού του πρωτοκόλλου έχει εντοπιστεί σε διαδρομές που έχουν ζήτηση και που οι αριθμοί ακολουθίας προορισμού εφαρμόζονται για να βρουν την τελευταία διαδρομή προς τον προορισμό. Ένα μειονέκτημα του πρωτοκόλλου αυτού είναι ότι οι ενδιάμεσοι κόμβοι μπορούν να οδηγήσουν σε ασυνέπια των διαδρομών, αν ο αύξων αριθμός της πηγής είναι πολύ παλιός και οι ενδιάμεσοι κόμβοι έχουν υψηλότερο, αλλά όχι το τελευταίο αύξοντα αριθμό προορισμού, έχοντας έτσι παλαιές καταχωρήσεις. Επίσης, πολλά RouteReply πακέτα σε απάντηση σε ένα ενιαίο πακέτο RouteRequest μπορεί να οδηγήσει σε βαριά επιβάρυνση του ελέγχου. Ένα άλλο μειονέκτημα του AODV είναι η περιττή κατανάλωση εύρους ζώνης που οφείλεται σε περιοδικά στίγματα.

- ✓ Υβριδική δρομολόγηση.

Λόγω του ότι τα Mesh Networks αποτελούνται από διάφορα δίκτυα που έχουν διαφορετικές δυνατότητες και απαιτήσεις χρειάζεται να χρησιμοποιείται συνδυασμός πρωτοκόλλων που καταλήγουν τελικά να δημιουργούν ένα υβριδικό πρωτόκολλο δρομολόγησης.

1) Zone Routing Protocol “ZRP”.

Το ZRP ήταν το πρώτο υβριδικό πρωτόκολλο δρομολόγησης που εμπεριείχε τόσο ενεργά όσο και μη στοιχεία δρομολόγησης. Το ZRP προτάθηκε να μειώσει την επιβάρυνση του ελέγχου της δυναμικής πρωτοκόλλων δρομολόγησης και να μειώσει την καθυστέρηση που προκαλείται από την εύρεση νέας διαδρομής στην αντιδραστική δρομολόγηση των πρωτοκόλλων.

2.2.9 Ασφάλεια και ιδιωτικά απόρρητα θέματα

Τα WSNs είναι ιδιαίτερα ευάλωτα σε επιθέσεις ασφαλείας και θέτουν προκλητικές απαιτήσεις ασφαλείας. Ως εκ τούτου όντας ανέξοδα, δεν παρέχουν ασφάλεια έναντι παραποιήσεων, οι οποίες επικεντρώνονται στον τομέα της ενέργειας, τον υπολογισμό τους, καθώς και στις δυνατότητες επικοινωνίας. Έχοντας αναπτυχθεί σε δυσπρόσιτες περιοχές, τα δεδομένα που συλλέγονται από το περιβάλλον, αποτελούν ιδανικό στόχο για επιθέσεις που δεν υπάρχουν σε άλλα είδη των ασύρματων δικτύων.

Έτσι λοιπόν, οι λειτουργίες ασφαλείας θα πρέπει να κατανεμηθούν στο σύνολο των κόμβων WSNs. Μια αρχιτεκτονική ασφαλείας για WSNs πρέπει να παρέχει υπηρεσίες δεδομένων, ταυτότητας κόμβου, έλεγχο πρόσβασης, εμπιστευτικότητα και ακεραιότητα.

Σχεδιάζεται η εφαρμογή μίας σειράς από καινοτόμες προσεγγίσεις για την οικοδόμηση μιας ολοκληρωμένης ενεργειακά αποδοτικής και αποτελεσματικής CL-με βάση την αρχιτεκτονική ασφαλείας των WSNs.

Πρώτον, θα αναπτύξουμε ένα τρόπο προσέγγισης που επιτρέπει την άμεση εφαρμογή της και παρουσιάζει περιορισμένη ανθεκτικότητα και επεκτασιμότητα. Ένα άλλο πρόβλημα που θέλουμε να αντιμετωπίσουμε είναι η ενημέρωση των προδιαθετότων εργαλείων αφότου οι κόμβοι έχουν αναπτυχθεί.

Δεύτερον, θα αναπτυχθούν λύσεις ασφαλείας για την προτεινόμενη συνεργασία, βασισμένη στις προσεγγίσεις των MAC με βάση τη φήμη των κόμβων. Για παράδειγμα, οι κόμβοι που θα ανιχνευθούν θα μεταδώσουν τον έλεγχο σε άλλο σύμπλεγμα κόμβων. Κακόβουλοι και παρεκτρεπόμενοι κόμβοι θα ανιχνευθούν και θα απορριφθούν από το WSN. Γι' αυτό, εμείς θα αξιοποιήσουμε επίσης τα φυσικά χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος, όπως επιτρέπεται από τη CL φύση των πρωτοκόλλων μας.

Θέματα προστασίας της ιδιωτικής ζωής σε σχέση με τα ευαίσθητα δεδομένα της παρακολούθησης της υγείας θα πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη κατά το σχεδιασμό αυτής της αρχιτεκτονικής.

2.2.9.1 Παράγοντες που προκαλούν δυσκολίες στην παροχή ασφαλείας στα WMNs

1. Κοινό broadcast radio channel.
 - MAC layer «κρυφακούει» την επανάληψη επίθεσης.
2. Έλλειψη συσχετισμού (association).
 - Αυθεντικοποίηση.
3. Φυσική ευπάθεια.
 - Αντικαταστάσεις mesh routers.

4. Περιορισμένη διαθεσιμότητα των πόρων.
 - Διαφοροποιούνται mesh routers και clients.
 - Overhead επικοινωνίας.

2.2.9.2 Πιθανές επιθέσεις στα WMNs οφείλονται στα

1. Εξωτερικές επιθέσεις (External Attack).
 - Από τους εισβολείς που δεν είναι μέρος του WMN και προσπαθούν να αποκτήσουν παράνομη πρόσβαση στο δίκτυο.
 - Κρυπτογράφηση και επικύρωση.
2. Εσωτερικές επιθέσεις (Internal Attack).
 - Από τους κόμβους που είναι μέρος του WMN, όπως κακόβουλοι κόμβοι.
 - Έχοντας πρόσβαση σε όλα τα κλειδιά και τις πληροφορίες επικύρωσης.
 - Πρέπει να αναπτυχθούν συνεργατικοί μηχανισμοί που βοηθούν στην ανίχνευση και απομόνωση κόμβων με παράξενη συμπεριφορά.

2.2.9.3 Πλέγμα ασφαλείας - Ανθεκτικότητα

Είναι σημαντικό να έχουμε κατά νου ότι τα δίκτυα πλέγματος, λόγω της έλλειψης των σχετικών υποδομών και τη χρήση ενός κοινού μέσου, είναι εγγενώς ανασφαλής. Για παράδειγμα, δεν υπάρχει πιθανή άμυνα κατά των διαταραχών του φυσικού μέσου από jammers (συσκευές που χρησιμοποιούνται για να εμποδίσουν ή να σταματήσουν τη μετάδοση των σημάτων) και παρόμοιο εξοπλισμό.

2.2.9.4 Περισσότερη ασφάλεια

1. Ενσωμάτωση μηχανισμών ασφαλείας σε πρωτόκολλα δικτύων πχ. ασφαλή πρωτόκολλα δρομολόγησης και MAC πρωτόκολλα, έλεγχο διάσπασης υπηρεσιών και γρήγορη απόκριση σε επιθέσεις.
2. Ένα ασφαλές πρωτόκολλο δικτύωσης, είναι επιθυμητό σε ένα επίπεδο πολλαπλών πρωτοκόλλων ασφαλείας, επειδή οι επιθέσεις ασφαλείας εμφανίζονται ταυτόχρονα σε διαφορετικά στρώματα πρωτοκόλλου.
3. Για ένα σύστημα παρακολούθησης ασφαλείας, θα πρέπει να αναπτυχθεί ένα cross-layer protocol framework.

2.2.10 Συμπεράσματα

Οι ασύρματες συσκευές αισθητήρων καταλήγουν να έχουν καλά προσαρμοσμένες δυνατότητες σε πολλά πεδία εφαρμογών στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Λόγω των χαρακτηριστικών τους και της ευρωστίας τους, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων μπορούν να αναπτυχθούν σε λιγότερο ευνοϊκό περιβάλλον και δυσπρόσιτα μέρη καθώς και σε χώρους όπου η εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα είναι δύσκολη ή δαπανηρή. Παρόλο που η υποδομή επικοινωνίας είναι αναγκαία για τη διασύνδεση των ασύρματων δικτύων αισθητήρων με το διαδίκτυο ή ένα τοπικό δίκτυο, αυτά μπορούν επίσης να λειτουργήσουν και με την απουσία τους.

Αυτό τα κάνει ιδιαίτερος ελκυστικά για τις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η παρουσία σταθερών υποδομών επικοινωνίας που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων μπορεί να μην είναι εφικτή.

Σήμερα, ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων είναι σχεδόν η μόνη ICT που έχουμε που μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα από οποιαδήποτε εξωτερική υποδομή επικοινωνιών και το δίκτυο ηλεκτρικής ενέργειας. Τα πρώτα αποτελέσματα CLAP δείχνουν πολλά υποσχόμενες δυνατότητες στον τομέα αυτό. Στο εγγύς μέλλον σχεδιάζεται μια πιλοτική εγκατάσταση του συστήματος σε μια αναπτυσσόμενη χώρα για να δοκιμαστεί σε πραγματικό περιβάλλον. Πολλές πιθανές υποψήφιες περιοχές που αναφέρονται επί του παρόντος, είναι χωριά που εφοδιάζονται με OLPC (ONE LAPTOP PER CHILD).

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 : ΕΝΑΣ ΦΟΡΗΤΟΣ Υ/Σ ΓΙΑ ΚΑΘΕ ΠΑΙΔΙ (ONE LAPTOP PER CHILD “OLPC”)

3.1 Πως φτάσαμε στον υπολογιστή των \$ 100 “ΧΟ”

Αρχικά η οθόνη του ΧΟ χρησιμοποιούσε τεχνολογία υγρών κρυστάλλων σε σιλικόνη (LCoS) με τη μορφή ενός προβολέα.

Ο φορητός αυτός υπολογιστής ξεκίνησε να εξελίσσεται τον Ιούνιο του 2005 όταν άρχισε να χρησιμοποιεί μια οθόνη δύο λειτουργιών:

Από τη μία η οθόνη θα λειτουργούσε ως συμβατική έγχρωμη οθόνη φωτεινών διόδων (LED) και από την άλλη ως ασπρόμαυρο ηλεκτρονικό βιβλίο που θα μπορούσε να διαβάζεται και υπό το φως του ήλιου. Αυτό είχε πολύ μεγάλη σημασία για τον αναπτυσσόμενο κόσμο, όπου τα υπαίθρια μαθήματα είναι συνηθισμένα και το κόστος του διαμοιρασμού κανονικών βιβλίων είναι ιδιαίτερα μεγάλο έξοδο. Τον επόμενο μήνα η ομάδα ανάπτυξης του OLPC παρουσίασε μια σειρά από καινοτόμα πρωτότυπα σχέδια τα οποία θα οδηγούσαν, μέχρι τον Νοέμβριο του 2005, στο περίφημο «πράσινο μηχανήμα», με την διακριτική κίτρινη μανιβέλα. Παρόλα αυτά η κίτρινη μανιβέλα, τελικά αποδείχτηκε μη πρακτική και αντικαταστάθηκε από τον μετασχηματιστή εναλλασσόμενου ρεύματος. Τη θέση της ως συμβόλου του OLPC πήραν οι κεραίες του ασύρματου δικτύου, ή αλλιώς τα «αυτιά».

Έπειτα εφαρμόστηκε στον υπολογιστή μία καινοτόμα αλλαγή, ώστε να μετατραπεί το laptop από κλασσικό φορητό υπολογιστή, σε παιχνιδιομηχανή και σε αναγνώστη ηλεκτρονικών βιβλίων. Τον Νοέμβριο του 2006, τα πρώτα δοκιμαστικά μηχανήματα ΧΟ, τα ΧΟ-1, εξήλθαν από τη γραμμή παραγωγής στη Σαγκάη.

Το ΧΟ-2, πιο συμπαγής έκδοση, με μια ελαφρά αύξηση στην δυνατότητα κλίσης της οθόνης, ήταν σχεδόν έτοιμη για την πρώτη της εμφάνιση. Παρ' όλα αυτά το μεγάλο της κόστος σε σχέση με την αρχική τιμή των 100 δολαρίων που υποσχόταν ο κατασκευαστής της, τον ανάγκασε να εγκαταλείψει την παραγωγή αυτής της έκδοσης και να στραφεί στην κατασκευή του υπολογιστή ταμπλέτα, του ΧΟ-3.

3.1.1 ΧΟ - 1

Το OLPC ΧΟ-1 (παλιότερα γνωστό σαν Hundred Dollar Laptop ή HDL, είναι ένας μικρός και φτηνός φορητός υπολογιστής που σχεδιάστηκε στο εργαστήριο Media Lab του MIT. Πρόκειται για έναν υπολογιστή ασύρματης ευρυζωνικής διαδίκτυωσης, ο οποίος στο αρχικό του σχέδιο περιελάμβανε γεννήτρια (με μανιβέλα) για να έχει αυτονομία. Μέσω μιας οθόνης αφής, ο χρήστης του μπορεί να γράφει πάνω της με μολύβι ή να ζωγραφίζει. Αποτελεί ένα μικρό ηλεκτρονικό βιβλίο και τετράδιο μαζί.

Το ΧΟ-1 χρησιμοποιεί για λειτουργικό σύστημα μια έκδοση του Fedora Linux κι ο Web Browser που χρησιμοποιεί βασίζεται στη μηχανή του Mozilla Firefox. Χρησιμοποιείται επίσης η διεπαφή ανοικτού κώδικα Sugar. Το 2008 ο Οργανισμός OLPC (One Laptop

Per Child), ήρθε σε συμφωνία με τη Microsoft και πλέον το XO1 περιλαμβάνει και μια απλουστευμένη έκδοση των Windows XP.

Επίσης το 2006, μετά από συμφωνία με το Ίδρυμα Wikimedia (Wikimedia Foundation Inc.), το XO-1 περιλαμβάνει και μια στατική έκδοση επιλεγμένων άρθρων της Βικιπαίδειας στη γλώσσα της χώρας προορισμού.



Εικόνα 17 : Το XO-1

Λεπτομέρειες υπολογιστή

Διαστάσεις: 242 mm X 228 mm X 32mm

Βάρος κατά προσέγγιση:

1.45KG με μπαταρία LiFeP

1.58KG με μπαταρία NiMH

Διαμόρφωση: Μετατρέψιμος φορητός υπολογιστής με περιστρεφόμενη, αντιστρεπτή οθόνη. Κατασκευασμένος έτσι ώστε να είναι ανθεκτικός στην βρωμιά και την υγρασία. Δεν έχει ανεμιστήρα.

3.1.2 XO - 1.5

Ο οργανισμός OLPC αναγγέλλει μία αναβάθμιση στο αρχικό σχέδιο του laptop που εκμεταλλεύεται τις νέες τεχνολογίες:

Το XO- 1.5 διαθέτει το ίδιο βιομηχανικό σχέδιο με τον προκάτοχό του αλλά καταργεί τον επεξεργαστή των 433MHz AMD Geode για ένα πιο ισχυρό: 1 GHz VIA C7-M.

Περιλαμβάνει το VX855: ένα νέο chipset που παρέχει 3D γραφικά, έχει την δυνατότητα να παίζει βίντεο HD καθώς και ήχο surround, διατηρώντας παράλληλα τις απαιτήσεις χαμηλής ισχύος.

Περιλαμβάνει επίσης 1GB DDR2 SDRAM στα 400MHz και 4GB NAND Flash, με δυνατότητα επέκτασης έως 8GB. Το XO 1.5 έγινε διαθέσιμο τον Ιανουάριο του 2010, και πωλείτο περίπου \$200.

3.1.3 XO - 2

Στις 21 Μαΐου του 2008 παρουσιάζεται η δεύτερη γενιά του OLPC, το λεγόμενο XO2O ή απλά XO-2, το οποίο διαθέτει διπλές οθόνες αφής, έχει περίπου το μισό μέγεθος από το αρχικό και θα είναι αναδιπλούμενο σαν e-book. Οι οθόνες αποτελούν προϊόν ανάπτυξης της εταιρείας Pixel Qi και μπορούν να παίξουν το ρόλο δεξιάς και αριστερής σελίδας, όταν κάποιος κρατάει το laptop κάθετα, ή της ενιαίας επιφάνειας, σε tablet mode.



Εικόνα 18 : Το XO-2

Επιπλέον, το XO-2 έχει ακόμα μικρότερη κατανάλωση ενέργειας: 2-4Watt, δηλαδή 10 φορές μικρότερη από εκείνη του XO-1. Σύμφωνα με τον Nicolas Negroponte, ο στόχος είναι το XO-2 να βγει στην αγορά με τιμή 75 δολάρια. Παρόλα αυτά λίγο αργότερα ανακοινώνεται πως το αρχικό σχέδιο του οργανισμού να παράγει σε τόσο φθηνή τιμή τον υπολογιστή θεωρείται ανέφικτο και εγκαταλείπεται και αντικαθίσταται από το XO 1.75 και το XO 3.

3.1.4 XO - 1.75

Το XO 1.75 θα είναι διαθέσιμο στις αρχές του 2011. Θα έχει τον ίδιο εργοστασιακό σχεδιασμό με το προηγούμενο μοντέλο αλλά θα προστεθούν εξωτερικά προφυλακτικά της συσκευής από γόμα ώστε να αυξηθεί η ανθεκτικότητά του, επίσης θα έχει οθόνη 8,9 ιντσών. Το μοντέλο λέγεται πως θα βγει σε δύο εκδοχές:

- 1) με οθόνη αφής
 - 2) με απλή οθόνη
- και η 1η εκδοχή θα είναι σχετικά ακριβότερη.

Το νέο oIpc laptop θα είναι βασισμένο σε ARM επεξεργαστή της Marvell και έτσι θα έχει διπλάσια ταχύτητα από το XO 1.5 καταναλώνοντας μόλις το ¼ της ενέργειας.

Η τιμή του με απλή οθόνη θα είναι περίπου 150 δολάρια.

3.1.5 XO - 3



Εικόνα 19 : Το XO-3

Ο νέος υπολογιστής του oIpc θα είναι ένα tablet με οθόνη 10,1 ιντσών.

Η οθόνη γίνεται ακόμα πιο ανθεκτική καθώς κατασκευάζεται πλέον με πλαστικό αντί για γυαλί. Ενώ η μπαταρία μπορεί να διατηρεί το XO-3 σε λειτουργία για 40 ώρες παρότι δεν υπάρχει ιδιαίτερα μεγάλος χώρος για τις μπαταρίες καθώς το πάχος του tablet είναι λιγότερο από ένα εκατοστό.

Υποστηρίζει μια πλήρως βελτιστοποιημένη χρήση της Pixel Qi οθόνης όσον αφορά τις αντανακλαστικές της δυνατότητες (δεν θα θαμπώνει από το φως του ήλιου), ενώ η οθόνη για να ανανεωθεί θα χρειάζεται ταχύτητα μόλις 1 Hz στην λειτουργία e-reader, επιπλέον η μητρική και ο επεξεργαστής σταματούν τη λειτουργία τους όταν δεν χρειάζονται, για να μειωθεί η κατανάλωση ενέργειας.

Παρόλα αυτά η ταχύτητα ανανέωσης της οθόνης, η λειτουργία του επεξεργαστή και της μητρικής κάρτας μπορούν να επανέλθουν αμέσως μόλις ξαναχρειαστούν.

Τέλος, το νέο μοντέλο περιέχει κάμερα, λαβή για την μεταφορά του, υποστηρίζει ασύρματη δικτύωση και στο εσωτερικό του βρίσκεται ένας ARM επεξεργαστής. Η τιμή του XO-3 θα κυμαίνεται γύρω στα 75 δολάρια και θα είναι διαθέσιμο το 2012. Όσον αφορά το λειτουργικό σύστημα οι απόψεις δίστανται.

Φυσικές διαστάσεις

- Διαστάσεις: 194 mm X 160 mm X13,3 mm.
- Κατά προσέγγιση Βάρος: 0,6 kg (~ 1,2 λίβρες).

3.2. Γενικές Πληροφορίες για το OLPC

3.2.1 Τι είναι το OLPC

Το OLPC είναι μια μικρή μηχανή με σημαντική αποστολή. Το XO είναι ένα ισχυρό μαθησιακό εργαλείο σχεδιασμένο και κατασκευασμένο ειδικά για παιδιά στις αναπτυσσόμενες χώρες, που ζουν στις πιο απομακρυσμένες περιοχές. Έχει περίπου το μέγεθος ενός μικρού βιβλίου. Έχει ενσωματωμένο ασύρματο δίκτυο και μια μοναδική οθόνη την οποία μπορούν να δουν τα παιδιά που πηγαίνουν σε υπαίθρια σχολεία ακόμα κι αν ο ήλιος χτυπάει ακριβώς πάνω σε αυτή. Είναι πολύ ανθεκτικό, λειτουργικό, ενεργειακά αποδοτικό και είναι ευχάριστο.

3.2.2 Πως ξεκίνησε το OLPC

Το αρχικό πρωτότυπο του OLPC αποκαλύφθηκε από τον ιδρυτή του έργου, τον Nicholas Negroponte και στη συνέχεια από τον τότε Γενικό Γραμματέα των Ηνωμένων Εθνών Kofi Annan στις 16 Νοεμβρίου του 2001 στο World Summit on the Information Society (WSIS) στο Tunis της Τυνησίας. Ο Negroponte υπολόγισε ότι μόνο η οθόνη χρειαζόταν 3 ακόμα μήνες για την ανάπτυξη και εξέλιξή της. Το πλήρες λειτουργικό πρωτότυπο του έργου παρουσιάστηκε στο Country Task Force meeting στις 23 Μαΐου του 2006. Η έκδοση που θα παράγονταν θα είχε μεγαλύτερη οθόνη αλλά με ίδιο το μέγεθος του κουτιού.

Περίπου 400 boards ανάπτυξης διανεμήθηκαν στα μέσα του 2005, 8.752 λειτουργικά πρωτότυπα (Beta 78) παραδόθηκαν στα τέλη του 2006, 2400 Beta-2 διανεμήθηκαν στο τέλος του 2007 και η πλήρης παραγωγή ξεκίνησε στις 6 Νοεμβρίου του 2007. Η Quanta Computer, η εταιρία παραγωγής είπε τον Φεβρουάριο του 2007 ότι είχε παραγγελίες για ένα εκατομμύριο «κομμάτια». Η Quanta υποστήριξε ότι μπορούσε να στείλει 5 με 10 εκατομμύρια «κομμάτια» εκείνη τη χρονιά γιατί επτά χώρες είχαν δεσμευτεί να αγοράσουν το XO-1 για τους μαθητές τους. Η Quanta έχει σκοπό να κυκλοφορήσει το XO-1 και στην ελεύθερη αγορά. Το OLPC project αρχικά δήλωσε ότι μια εμπορική έκδοση του XO δεν ήταν μέσα στα πλάνα της. Ωστόσο, το 2007 ίδρυσε το site laptopgiving.org για δωρεές και για "Give 1 Get 1" (πάρε 1 δώσε 1) προσφορές που ίσχυαν από τις 12 Νοεμβρίου του 2007 μέχρι και τις 31 Δεκεμβρίου του 2007.

Για κάθε laptop που αγοράζόταν έναντι του ποσού των \$399, θα προσφερόταν ένα XO σε ένα παιδί σε μια αναπτυσσόμενη χώρα. Το OLPC έχει ξαναρχίσει το G1G1 πρόγραμμα μέσω του amazon.com. Στις 20 Μαΐου του 2008 η OLPC ανακοίνωσε την επόμενη γενιά του XO, το OLPC XO-2. Στα τέλη του 2008 το NYC Department of education ξεκίνησε ένα έργο για την αγορά μεγάλου αριθμού XO για χρήση από τους μαθητές της Νέας Υόρκης. Σύμφωνα με την Computer Aid International, σε μια δοκιμασία που έγινε τον Απρίλιο του 2009 το OLPC αξιολογήθηκε ως το χαμηλότερης κατανάλησης σύστημα ανάμεσα σε άλλες πληροφοριακές και επικοινωνιακές τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται στην εκπαίδευση.

3.2.3 Τα πρώτα στάδια του OLPC

Η πρώτη beta έκδοση του laptop, B1-Test κυκλοφόρησε στο τέλος του 2006. Τρεις ακόμα beta εκδόσεις αναδείχτηκαν στη διάρκεια του χρόνου μέχρι την τελική παραγωγή στο τέλος του 2007. Οι πολλές σύντομες επαναλήψεις ώθησαν πολύ το έργο. Δόθηκε η δυνατότητα να γίνουν δοκιμές με χρήστες και να διαπιστώσουν τι δούλευε και τι όχι. Αξίζει να σημειωθεί ότι το B1-Test είχε 128mb περισσότερη ram και ξόδευε περισσότερη ενέργεια απ' ότι η τελική έκδοση λόγω της διαρροής μνήμης στο λογισμικό και στη μη διαθεσιμότητα του hardware.

3.2.4 Κόστος του OLPC

Στις αρχές του 2005, ορμώμενος από την επιτυχία του με τη διανομή των laptops σε παιδιά αναπτυσσόμενων χωρών, ο Negreponte είχε την αρχική ιδέα για την κατασκευή ενός laptop με κόστος \$100. Παρουσίασε την ιδέα του στο World Economic Forum, όπου και έτυχε θερμής αποδοχής. Ο John Markoff της εφημερίδας New York Times αποκάλεσε τον Negreponte τον «Johnny Appleseed της ψηφιακής εποχής». Ο Johnny Appleseed, γεννημένος ως John Chapman (Σεπτέμβριος 26, 1774 - Φεβρουάριος 18, 1845), ήταν ένας πρωτοπόρος Αμερικανός δάσκαλος που παρουσίασε τις μηλιές σε μεγάλα μέρη του Ohio, της Indiana, και του Illinois. Έγινε θρύλος στην Αμερική όσο βρισκόταν στη ζωή κυρίως λόγω των ευγενικών και γενναιόδωρων τρόπων του, τις εξαιρετικές του ηγετικές ικανότητες σε συζητήσεις και τη συμβολική σημασία των μήλων.

Η ιδέα του Negreponte κέρδισε πολύτιμο έδαφος αφού υποστηρίχθηκε από μεγάλες εταιρίες όπως η AMD, η News Corp., η Google, η Red Hat, η Quanta Computers και η Nortel. Επιπλέον, μέχρι τα τέλη του 2005, ο Negreponte είχε ήδη έρθει σε επαφή με περισσότερες από 50 χώρες και είχε κερδίσει πολλούς υποστηρικτές. Ένας από αυτούς ήταν ο πρόεδρος Olusegun Obasanjo της Νιγηρίας που δεσμεύτηκε να αγοράσει ένα εκατομμύριο «κομμάτια».

3.2.5 Γιατί το OLPC χρησιμοποιεί προγράμματα ανοιχτού λογισμικού

Το laptop θα φέρει τα παιδιά σε επαφή με την τεχνολογία ως μέσω ελευθερίας και ενίσχυσης των δυνατοτήτων. Η επιτυχία του έργου όσον αφορά την παγκοσμιότητα είναι εφικτή μόνο αν ενστερνιστεί το ανοιχτό λογισμικό παρέχοντας στους χρήστες του laptop αλλά και στους σχεδιαστές εμβριθή ελευθερία. Όσο τα παιδιά μεγαλώνουν και αναζητούν καινούριες ιδέες, το λογισμικό και τα εργαλεία θα πρέπει να είναι ικανά να μεγαλώνουν με αυτά και να τους παρέχουν μια διέξοδο στην τεχνολογία. Για να επιτευχθούν όλα αυτά και άλλοι πρακτικοί στόχοι αλλά και για να αντεπεξέλθει το έργο στις αρχές πάνω στις οποίες έχει βασιστεί η επιτυχία του, υπάρχει η πεποίθηση ότι η λογισμική πλατφόρμα του έργου του OLPC:

- Πρέπει να περιλαμβάνει πηγαίο κώδικα και να επιτρέπει τις τροποποιήσεις έτσι ώστε οι σχεδιαστές, οι κυβερνήσεις που είναι οι πελάτες αλλά και τα παιδιά που είναι οι χρήστες του laptop να μπορούν να εμβαθύνουν με τη δυνατότητα να αλλάξουν το λογισμικό ώστε να ικανοποιεί ασύλληπτες ανάγκες και ασύλληπτα ποικίλες ανάγκες. Το λογισμικό επίσης πρέπει να παρέχει στον χρήστη μια πλατφόρμα ανάπτυξης self-hosting.
- Πρέπει να επιτρέπει τη διανομή διαφοροποιημένων αντιγράφων του λογισμικού υπό την ίδια άδεια έτσι ώστε οι ελευθερίες πάνω στις οποίες βασίζονται οι σχεδιαστές για την επιτυχία τους να παραμείνουν διαθέσιμες στους χρήστες και σχεδιαστές του λογισμικού της επόμενης γενιάς.
Οι χρήστες και οι πελάτες πρέπει να μπορούν να εντοπίσουν λογισμικό στη γλώσσα τους, να διορθώσουν το λογισμικό για να αφαιρέσουν λάθη και να τροποποιήσουν το λογισμικό ώστε να ανταποκρίνεται στις ανάγκες τους.
- Πρέπει να επιτρέπει επαναδιανομή χωρίς άδεια, είτε ατομικά είτε ως κομμάτι μιας συγκεντρωτικής διανομής, γιατί δεν είναι δυνατόν να γνωρίζουμε τον τρόπο που τα εργαλεία που αναπτύσσονται θα επαναπροσδιοριστούν στο μέλλον. Τα παιδιά ξεπερνούν σε ανάπτυξη την πλατφόρμα, οπότε πρέπει να είναι ευέλικτη να μεγαλώσει με αυτά.
- Δε πρέπει να απαιτεί πληρωμή πνευματικών δικαιωμάτων ή οποιασδήποτε άλλης πληρωμής για επαναδιανομή ή τροποποίηση για προφανείς λόγους οικονομίας και παραδειγματισμού στα πλαίσια του έργου του OLPC.
- Δεν πρέπει να κάνει διακρίσεις μεταξύ προσώπων, ομάδων ή πεδίων προσπάθειας. Η δύναμη του λογισμικού είναι η ικανότητα του να μεγαλώνει και να αλλάζει παράλληλα με τα παιδιά.
- Δεν πρέπει να άρει περιορισμούς σε άλλα λογισμικά που μπορεί να διανέμονται παράλληλα. Οι άδειες λογισμικού δεν πρέπει να περιορίζονται ούτε από ιδιοκτησία ούτε από “copyleft” λογισμικό λόγω του ότι διανέμεται στην πλατφόρμα. Ένας ολόκληρος κόσμος από εξαιρετικό λογισμικό θα χρησιμοποιηθεί για να επιτύχει αυτό το έργο και ανοιχτό και κλειστό.
- Πρέπει να δίνουμε τη δυνατότητα να μπορούν να επιλέξουν από όλα.

- Πρέπει να επιτρέψουμε αυτά τα δικαιώματα να διαδίδονται μαζί με το λογισμικό. Αυτό σημαίνει ότι δεν πρέπει να παρέχουμε μια άδεια συγκεκριμένα για το έργο του laptop των \$100 ή για την οργάνωση ή για τους πελάτες. Ενώ είμαστε οι σχεδιαστές αυτής της πλατφόρμας σήμερα, οι χρήστες είναι οι σχεδιαστές του αύριο και μέσω αυτών η πλατφόρμα θα έχει επιτυχία, θα τροποποιηθεί και θα πορευτεί στο χρόνο. Πρέπει να έχουν τα ίδια δικαιώματα με τους σχεδιαστές.

- Δεν πρέπει να παρακωλύεται από πατέντες λογισμικού που απαγορεύουν τις τροποποιήσεις ή τη χρήση με τους τρόπους που περιγράφονται παραπάνω. Όλες οι πατέντες που χρησιμοποιούνται από το λογισμικό πρέπει να μπορούν να κυκλοφορήσουν υπό κάποια άδεια και να επιτρέψουν στους χρήστες μας να χρησιμοποιήσουν ή να πουλήσουν παράγωγες εκδοχές που εφαρμόζουν την υπό συζήτηση πατέντα.

- Πρέπει να υποστηρίζει και να προωθεί ανοιχτή, πατενταρισμένη και απαρακώλυτη ανταλλαγή δεδομένων και αρχείων.

- Πρέπει να μπορεί να αναπτύσσεται χρησιμοποιώντας απαρακώλυτα εργαλεία (π.χ. μεταφραστές). Το λογισμικό του XO προς το παρόν δεν ικανοποιεί όλους αυτούς τους στόχους. Για παράδειγμα, δεν μπορεί με κανέναν τρόπο να είναι self-hosted.

Δεν έχει ποτέ κανείς χρησιμοποιήσει το XO, για να επανακατασκευάσει λογισμικό για ένα XO, παρόλο που είναι θεωρητικά εφικτό. Επίσης, το λογισμικό φτάνει με κλειδώματα που είναι πολύ δύσκολο να προσπεράσει κάποιος σε περίπτωση που η οργάνωση OLPC διαλυόταν (ή άλλαζε τη γνώμη της για την ελευθερία του λογισμικού). Αυτά τα σημεία που είναι κλειδωμένα εμποδίζουν τους χρήστες να εγκαταστήσουν οποιοδήποτε λογισμικό που επιθυμούν στο υλικό τους.

3.2.6 Windows στο OLPC

Το XO έχει δυνατότητα για dual-boot. Μπορεί να φορτώσει τα Windows XP ή οποιαδήποτε έκδοση Linux συμπεριλαμβάνοντας το ίδιο το σύστημα του OLPC που αναδεικνύεται από το παραθυρικό περιβάλλον Sugar στα Fedora Linux. Από τον Ιούλιο του 2009, καμία μαζική παραγωγή του OLPC δεν τρέχει Windows. Η Microsoft έχει αναπτύξει μια έκδοση των Windows XP που τρέχει στο OLPC laptop. Σύμφωνα με ένα άρθρο της ITWorld, ο Bill Gates είπε ότι η Microsoft σχεδιάζει να προσφέρει ένα πακέτο λογισμικού αξίας \$3 για το XO που θα αποτελείται από:

- Windows XP.
- Microsoft Office Home and Student 2007.
- Microsoft Math 3.0.
- Learning Essentials 2.0 for Microsoft Office.
- Windows Live Mail.

Αυτή η προσφορά θα εφαρμοστεί μόνο στις αναπτυσσόμενες χώρες. Δεν δόθηκαν λεπτομέρειες περί της διαθεσιμότητας, τις συνθήκες της άδειας χρήσης ή της γλώσσας υποστήριξης που περιλαμβάνεται ή είναι διαθέσιμη γι' αυτό το λογισμικό. Το εύρος των γλωσσών που υποστηρίζονται φαίνεται να είναι πολύ περιορισμένο. Σε ένα άρθρο της DesktopLinux ο Eric Brown έγραψε: «Η έκδοση των Windows XP που θα εγκατασταθεί στο XO υποστηρίζει όλα τα χαρακτηριστικά του υπολογιστή, συμπεριλαμβανομένων της δικτύωσης, τα ηχεία, το μικρόφωνο, την κάμερα. Επιπλέον, επιτρέπει στην οθόνη να περιστρέφεται σε μορφή e-book και να αλλάζει σε μορφή μονόχρωμης οθόνη με δυνατότητα ανάγνωσης στον ήλιο, σύμφωνα με τη Microsoft». Ο James Utzschneider, ένας GM του marketing και της επικοινωνίας της Microsoft's Unlimited Potential group, έγραψε σε ένα blog ότι «η έκδοση των Windows για το XO είναι μια προσαρμοσμένη έτσι ώστε να μην αποκόπτει χαρακτηριστικά ή λειτουργίες με σκοπό να λειτουργεί στην περιορισμένη μνήμη και τον περιορισμένο αποθηκευτικό χώρο που προσφέρει το XO». Ωστόσο να σημειώσουμε ότι τα Windows δεν υποστηρίζουν το περιβάλλον Sugar για ευνόητους λόγους.

3.2.7 Συμμετέχουσες χώρες

Τον Οκτώβριο του 2007, η Ουρουγουάη παρήγγειλε 100.000 φορητούς υπολογιστές, κι έτσι έγινε η πρώτη χώρα που αγόρασε μια πλήρη σειρά των φορητών υπολογιστών.

Από τότε, περισσότεροι από 200.000 φορητοί υπολογιστές έχουν παραγγελθεί για να καλύψουν όλα τα παιδιά του δημόσιου σχολείου ηλικίας μεταξύ 6 και 12 ετών.

Κατά τα τελευταία δύο χρόνια 362.000 μαθητές και 18.000 εκπαιδευτικοί συμμετείχαν στο πρόγραμμα που έχει στοιχίσει στην χώρα \$ 260 ανά παιδί, συμπεριλαμβανομένων των εξόδων συντήρησης, επισκευής εξοπλισμού, της κατάρτισης των εκπαιδευτικών και σύνδεσης στο internet.

Η χώρα έγινε η πρώτη στον κόσμο όπου έδωσε σε κάθε παιδί του δημοτικού σχολείου ένα δωρεάν laptop στις 13 Οκτωβρίου 2009, στο πλαίσιο του Plan Ceibal.

Στις ακόλουθες χώρες έχουν παραδοθεί φορητοί υπολογιστές, είτε μετά από παραγγελία ή ως μέρος του Give one Get one προγράμματος:

Αφρική και Μέση Ανατολή

- Αιθιοπία (5.000 φορητούς υπολογιστές που έλαβε από το πρόγραμμα G1G1).
- Γάζα (Έλαβε 2.100 φορητούς υπολογιστές).
- Γκάνα (παρήγγειλε 10.000 φορητούς υπολογιστές).
- Ρουάντα (Έλαβε 20.000 φορητούς υπολογιστές από το πρόγραμμα G1G1, και παρήγγειλε 100.000).
- Σιέρα Λεόνε (παρήγγειλε 5.000 υπολογιστές).

Αμερική

- Αργεντινή (Παρήγγειλε 60.000 φορητούς υπολογιστές).
- Κολομβία (Παρήγγειλε 4.000 υπολογιστές).
- Αϊτή (έλαβε 13.000 φορητούς υπολογιστές από το πρόγραμμα G1G1).
- Μεξικό (Ο επιχειρηματίας Carlos Slim παρήγγειλε 50.000 φορητούς υπολογιστές) .
- Περού (870.000 φορητοί υπολογιστές παραγγέλθηκαν πρόσφατα, τον Δεκέμβριο του 2010).
- Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής (15.000 φορητοί υπολογιστές παραγγέλθηκαν από το Birmingham, Alabama).
- Ουρουγουάη (Δόθηκαν 380.000 σε μαθητές και καθηγητές, και έγινε επιπλέον παραγγελία 90.000 υπολογιστών που προορίζονται για μαθητές Γυμνασίου).

Ασία

- Αφγανιστάν (Έλαβε 11.000 φορητούς υπολογιστές από το πρόγραμμα G1G1).
- Καμπότζη (Έλαβε 3.200 υπολογιστές από το πρόγραμμα G1G1).
- Μογγολία (Έλαβε 10.000 φορητούς υπολογιστές από το πρόγραμμα G1G1).

Ωκεανία

- Δόθηκαν φορητοί υπολογιστές από το πρόγραμμα G1G1 στις περιοχές: Kiribati, Nauru, New Caledonia, Niue, Papua New Guinea, Solomon Islands, Tuvalu, Vanuatu.
- Αυστραλία (Έγινε παραγγελία 5.000 υπολογιστών από τον ανεξάρτητο μη κερδοσκοπικού χαρακτήρα οργανισμό: OLPC Australia).

Χώρες με πιλοτικά έργα

Πέραν των συμμετεχόντων χωρών που αναφέρονται παραπάνω, πιλοτικά έργα (από μερικές δεκάδες έως μερικές εκατοντάδες υπολογιστές), πραγματοποιήθηκαν/πραγματοποιούνται σήμερα και στις ακόλουθες χώρες :

Αφρική - Μέση Ανατολή

- Ιράκ (Najmi).
- Λίβανο (Sabra and Shatila camps).
- Μαδαγασκάρη (Ambatoharanana).
- Μάλι (Quessoborgo).
- Μοζαμβίκη (Zambezia).
- Νιγηρία (Abuja).
- Νότια Αφρική.
- Τανζανία (Iringa και Dar es Salaam).
- Υεμένη (Sana'a).

Αμερική

- Βραζιλία (Porto Alegre, Sao Paulo, Rio de Janeiro).
- Καναδάς (Inuit, Métis and First Nations Communities).
- Νικαράγουα (Rivas, Bluefields).
- Παραγουάη.
- Σουρινάμ (Paramaribo).
- Παρθένοι Νήσοι (St John).
- Πενσυλβάνια (Chester).
- Νέα Υόρκη (NYC).

Ασία

- Ινδία (Khairat).
- Νεπάλ (Lalitpur).
- Πακιστάν (Rawalpindi).
- Φιλιππίνες (Manila).
- Ταϊλάνδη (Ban Samkha).
- Βιετνάμ.

3.2.8 Οργάνωση και δοκιμές

Όπως αναφέρει ο πρόεδρος της Vidano, Παντελής Αγγελίδης:

«οι αλληπάλληλοι έλεγχοι της λειτουργίας του συστήματος που έγιναν ως τώρα σε συνθήκες εργαστηρίου, είχαν όλοι θετικά αποτελέσματα, ανάβοντας ουσιαστικά το πράσινο φως για τις δοκιμές στο πεδίο, σε πραγματικές συνθήκες».

Επιτόπιοι έλεγχοι έχουν ήδη προγραμματιστεί σε κοινότητες χρηστών του OLPC στο Σάο Τομέ & Πρίνσιπε, στη Σουαζιλάνδη, στην Κένυα και σε αγροτικές περιοχές της Ταϊβάν, σε συνεργασία μάλιστα με την Ιατρική Σχολή του πανεπιστημίου της Ταϊπέι.

Οι προοπτικές μεγάλες, καθώς η αξιοποίηση αυτών των μικρών και εύχρηστων συσκευών (ηλεκτροκαρδιογράφος, οξύμετρο κλπ.) που επικοινωνούν ασύρματα με τον υπολογιστή μπορεί να αποτελέσει το πρώτο βήμα για τη δημιουργία ηλεκτρονικών κοινοτήτων μεταξύ των «ψηφιακά εγγράμματων» χρηστών, με στόχο όχι τόσο την περίθαλψη, όσο την πρόληψη σε περιοχές όπου η τεχνολογία έχει ως σήμερα εισχωρήσει σε ελάχιστο βαθμό. Παρόλα αυτά η υγεία δεν είναι ο μόνος τομέας στον οποίο μπορεί να βρει εφαρμογή ένα τέτοιο σύστημα, ο συνδυασμός του OLPC με διαφορετικούς αισθητήρες, που θα επικοινωνούν ασύρματα μαζί του και με οποιονδήποτε αρμόδιο παραλήπτη, ανοίγει το δρόμο και για άλλες, παράλληλες διαδρομές:

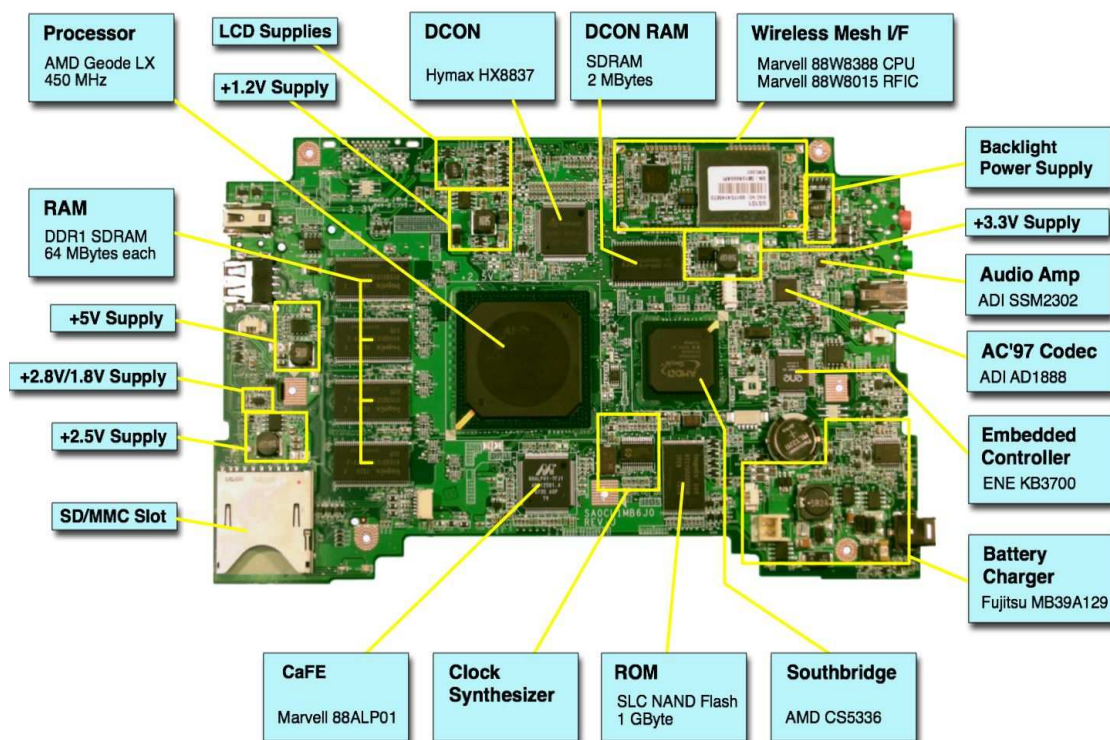
Οι περιβαλλοντολόγοι, για παράδειγμα, θα μπορούν να παίρνουν πολύ χρήσιμες ενδείξεις για την ποιότητα του αέρα, του νερού και του εδάφους ακόμα και σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές, σημαίνοντας συναγερμό (όταν δουν κάτι ανησυχητικό) στις αρχές πολιτικής προστασίας, οι οποίες μπορούν να δώσουν οδηγίες για την αντιμετώπιση

λόγου χάρη μιας φυσικής καταστροφής τις πρώτες δύσκολες ώρες, έως ότου φτάσουν τα συνεργεία διάσωσης.

3.3 Hardware στο OLPC

Το XO-1 laptop είναι το βασικό μέλημα της οργάνωσης One Laptop Per Child. Ύστερα από τρία χρόνια ανάπτυξης, πλέον παράγεται μαζικά με εκατοντάδες χιλιάδες κομμάτια να κατασκευάζονται και χιλιάδες ακόμα να διατίθενται για δοκιμή στα σχολεία σε όλο τον κόσμο. Το Hardware του XO-1 ως προς τη mesh δικτύωση είναι το εξής:

Μητρική κάρτα XO – 1



Εικόνα 20 : Μητρική κάρτα XO-1

3.3.1 Ασύρματο δίκτυο

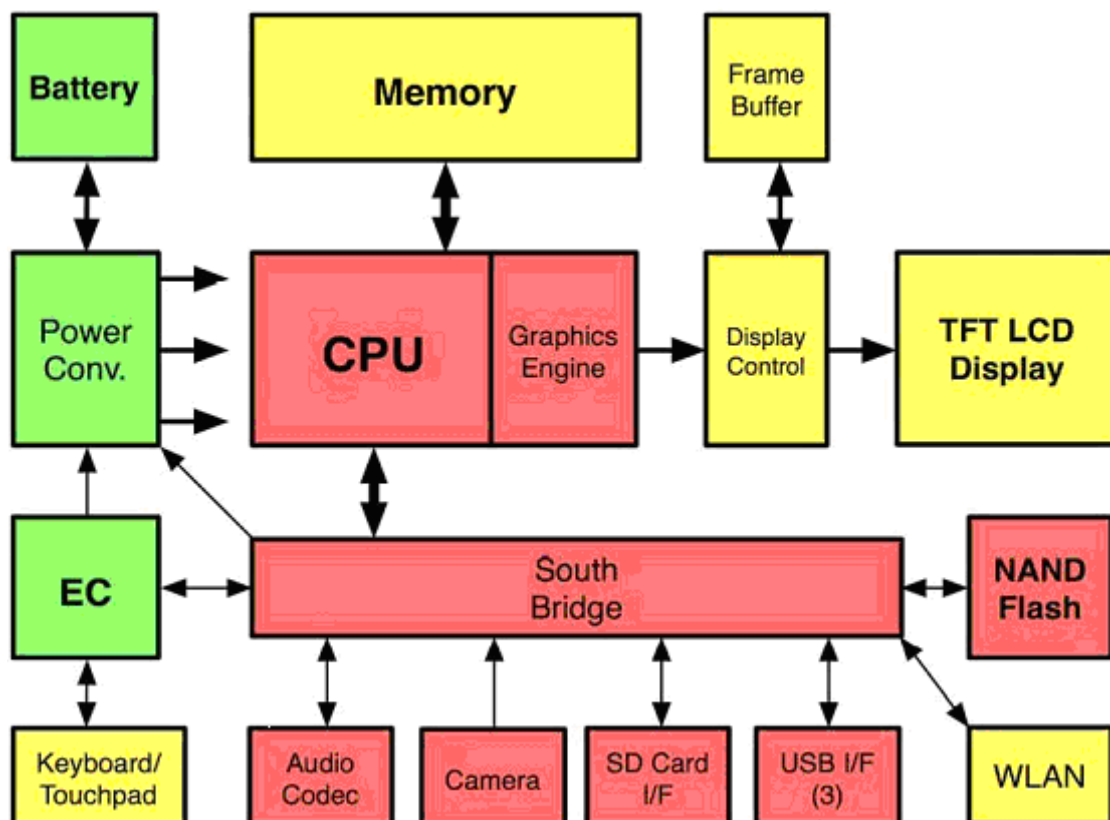
- Ενσωματωμένη IEEE 802.11/b/g (2.4 GHz) διεπαφή ασύρματης δικτύωσης.
- Υποστηρίζει Mesh δικτύωση (variant of 802.11s).
- Δυνατότητα λειτουργίας της δικτύωσης ακόμα κι όταν η CPU είναι ανενεργή.
- CL1 Hardware Design Specification.
- Rev. 1.04, 9/29/08.
- Διπλές κεραίες ενσωματωμένες στο laptop.

3.3.2 CL1 Σύστημα αρχιτεκτονικής

Η αρχιτεκτονική CL1 διαφέρει από τον σχεδιασμό της αρχιτεκτονικής των συμβατικών φορητών υπολογιστών, στο ότι μεγάλο μέρος του υπολογιστή (συμπεριλαμβανομένου του CU) μπορούν να μην τροφοδοτούνται καθόλου χωρίς να επηρεάζεται η λειτουργία των υπόλοιπων λειτουργιών. Η CL1 σχεδιάστηκε με σκοπό να τρέχει Linux συστήματα ανοιχτού λογισμικού, παρ' όλο που μπορεί να υποστηρίξει και άλλα συστήματα.

3.3.3 Διάγραμμα συστήματος block

Στην παρακάτω εικόνα παρατίθεται ένα σχεδιάγραμμα της CL1 αρχιτεκτονικής. Σε αντίθεση με τους περισσότερους φορητούς υπολογιστές όλα τα συστήματα εκτός από το πληκτρολόγιο και το touchpad βρίσκονται πίσω από την LCD οθόνη. Αυτό ονομάζεται Core Module. Τα κυκλώματα του πληκτρολογίου, ο κωδικοποιητής του πληκτρολογίου, το εξάρτημα του touchpad και η μπαταρία συνδυάζονται μεταξύ τους σε μια ομάδα που ονομάζεται Input Module και συνδέονται στον πυρήνα μέσω δύο μικρών καλωδίων στο εσωτερικό του υπολογιστή.



Εικόνα 21 : Το CL1 σύστημα Αρχιτεκτονικής

3.3.4 CPU & Companion Chip

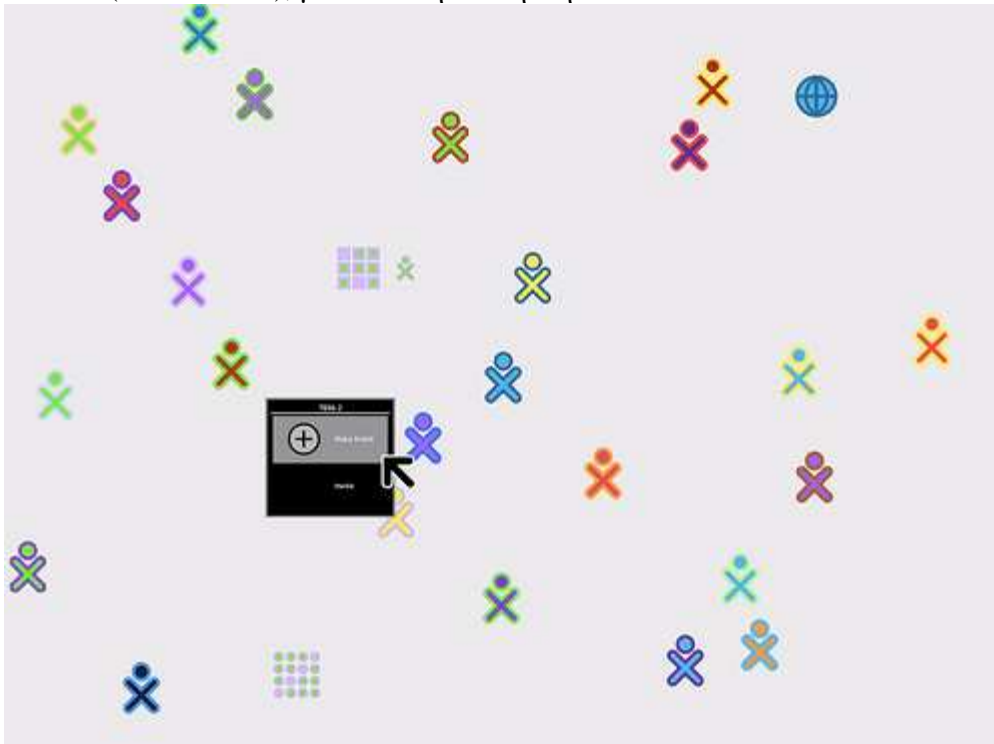
Το σύστημα επεξεργασίας του πυρήνα που χρησιμοποιείται στη CL1 αρχιτεκτονική έχει έναν ενσωματωμένο x86 επεξεργαστή που συνδέεται με μια μονάδα διαχείρισης μνήμης που είναι συμβατό με x87 μονάδα κινητής υποδιαστολής, μια μονάδα επεξεργασίας γραφικών. Ο ενσωματωμένος χειριστής μνήμης παρέχει ένα ενιαίο μοντέλο μνήμης στον επεξεργαστή, τον επεξεργαστή γραφικών και τον ενσωματωμένο ελεγκτή της οθόνης. Ένα ολοκληρωμένο “South Bridge” ενσωματώνει πολλές περιφερειακές λειτουργίες συστήματος διαχείρισης. Αυτά περιλαμβάνουν μια διεπαφή Audio Codec (AC '97) στο σύστημα ήχου, low pin count (LPC), μονάδα διαχείρισης της ενέργειας και legacy PC system components όπως real time clock (RTC), memory transfer engines (DMA), και programmable interrupt controllers. Η συχνότητα του ρολογιού στον πυρήνα της CPU μπορεί να επιλεγθεί με χρήση αλτών υλικού και μπορεί να ρυθμιστεί από το λογισμικό κατά της διάρκεια της φόρτωσης του firmware. Το ρολόι που χρησιμοποιείται από τον κύριο επεξεργαστή και τη μνήμη διαμοιράζεται φασματικά για να μειωθεί η ηλεκτρομαγνητική παρεμβολή.

Ένα παράδειγμα συστήματος επεξεργασία πυρήνα που χρησιμοποιείται στη CL1 είναι ένας AMD Geode LX700 (που τρέχει στα 433MHz), κι ένας AMD CS5536 Southbridge.

3.3.5 Διεπαφή mesh ασύρματης δικτύωσης

Η διεπαφή ασύρματου δικτύου του CL1 λειτουργεί όπως η συμβατική WiFi (802.11b/g) διεπαφή, αλλά παρέχει και πληθώρα άλλων μοναδικών χαρακτηριστικών κρίσιμης σημασίας για τους στόχους του XO. Σε αντίθεση με τα παραδοσιακά ασύρματα δίκτυα όπου οι υπολογιστές επικοινωνούν μόνο με τα σημεία πρόσβασης, το CL1 υποστηρίζει ασύρματη mesh δικτύωση όπου οι υπολογιστές μπορεί να αναμεταδίδουν πακέτα για άλλους υπολογιστές, επεκτείνοντας την πρόσβαση σε οποιοδήποτε σημείο πρόσβασης του δικτύου. Με σκοπό την ενθάρρυνση της mesh δικτύωσης, η διεπαφή του CL1 δικτύου έχει σχεδιαστεί για να έχει λειτουργία χαμηλής κατανάλωσης ως mesh κόμβος, ακόμα κι όταν ο υπολογιστής είναι κλειστός. Το πρωτόκολλο mesh δικτύωσης είναι προς το παρόν μια παραλλαγή του επερχόμενου προτύπου 802.11s mesh δικτύωσης. Το CL1 θα υποστηρίζει 802.11s, όταν επικυρωθεί, μέσω μιας αναβάθμισης του firmware. Το παρόν πρωτόκολλο και το 802.11s μπορούν να υποστηρίζονται ταυτόχρονα και τα δύο. Σε αντίθεση με τις διεπαφές των παραδοσιακών φορητών υπολογιστών, η CL1 διεπαφή ασύρματης δικτύωσης περιλαμβάνει έναν επεξεργαστή με την ικανότητα να προωθεί πακέτα και να διατηρεί τους πίνακες δρομολόγησης, ανεξάρτητα από κάθε άλλο πόρο των υπολογιστών. Η διεπαφή της δικτύωσης όταν ο επεξεργαστής εισέρχεται ή εξέρχεται από την λειτουργία παύσης και έχει τη δυνατότητα να ειδοποιεί τον ενσωματωμένο ελεγκτή ότι μια δικτυακή ενέργεια χρειάζεται προσοχή (όπως για παράδειγμα ένα πακέτο που προορίζεται για τον υπολογιστή) έχει συμβεί. Ενώ είναι πιθανό, το firmware προσωρινά να περιορίζει τη λειτουργία του δικτύου όταν ο υπολογιστής είναι κλειστός ή σε κατάσταση παύσης. Για λειτουργία σε 802.11b, η RF έξοδος είναι 17 dBm (+/- 1.5

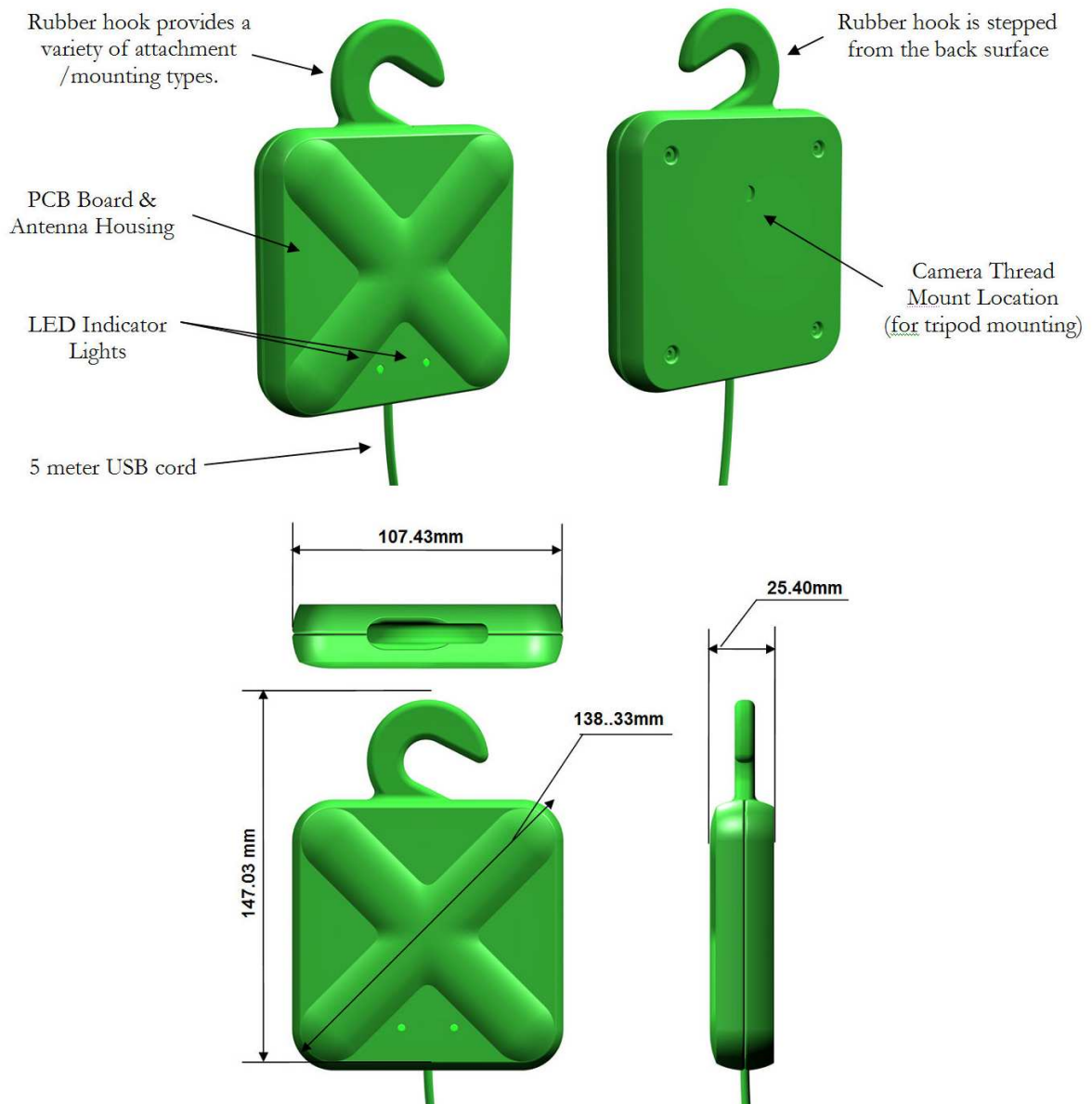
dBm), με ευαισθησία λήπτη -87 dBm. Στην 802.11g λειτουργία η RF τροφοδοσία εξόδου είναι 13 dBm (+/- 1.5 dBm), με ευαισθησία λήπτη -72 dBm.



Εικόνα 22 : Η mesh δικτύωση

3.3.6 Σχεδιασμός κεραίας

Οι κεραίες για την ασύρματη δικτύωση έχουν σχεδιαστεί για να παρέχουν όσο το δυνατόν καλύτερη αποδοτικότητα. Υπάρχουν δύο περιστρεφόμενες κεραίες, που βρίσκονται στις πάνω γωνίες της οθόνης του υπολογιστή τοποθετημένες η μια αριστερά και η άλλη δεξιά και συνήθως τις αποκαλούν αυτιά λαγού. Η δυνατότητα για στροφή των κεραιών προς τα πάνω, πάνω από το σώμα του υπολογιστή παρέχει βέλτιστη απόδοση. Όταν τα αυτιά λαγού είναι κάτω, καλύπτουν τις θύρες εισόδου/εξόδου USB και ήχου και έχουν μηχανισμό μαντάλωσης.



Εικόνα 23 : Οι κεραίες του OLPC

3.3.7 Περιβαλλοντικές συνθήκες

Η CL1 έχει σχεδιαστεί να λειτουργεί σε εκτεταμένο εύρος περιβαλλοντικών συνθηκών :

- Εύρος θερμοκρασίας: 0 έως 50° C.
- Υψόμετρο Λειτουργίας: έως 5000 m.
- Εύρος θερμοκρασίας μη-λειτουργίας: -20 έως 60° C .

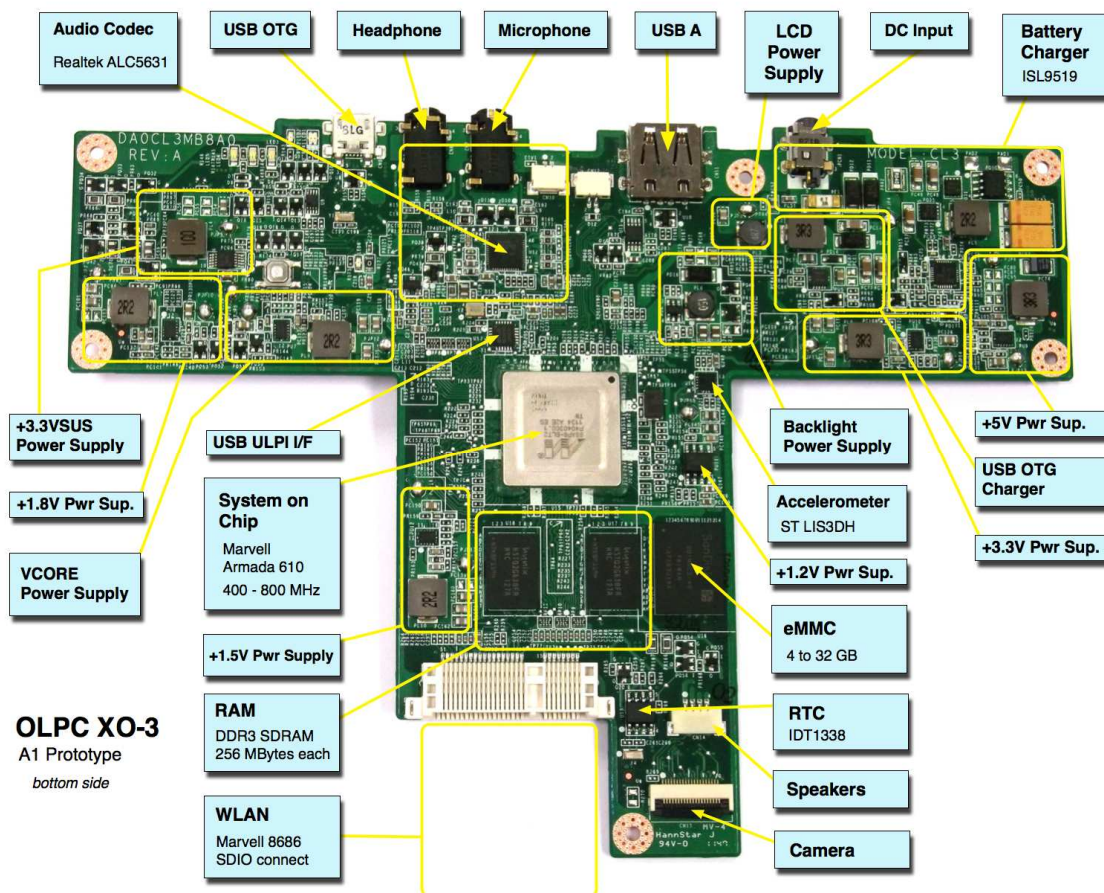
3.3.8 Περιβαλλοντικά

Το XO είναι το πιο αποδοτικό ενεργειακά και φιλικό με το περιβάλλον laptop που κατασκευάστηκε ποτέ, σύμφωνα με ανεξάρτητες αξιολογήσεις και δεδομένα. Το XO καταναλώνει τη λιγότερη δυνατή ενέργεια, ελαχιστοποιεί τα τοξικά υλικά, είναι αξιοσημείωτα σκληροτράχηλο, έχει μεγάλη διάρκεια ωής λειτουργεί με ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, και μπορεί να ανακυκλωθεί και το ίδιο. Το XO έχει κερδίσει τα πιο υψηλόβαθμα περιβαλλοντικά πιστοποιητικά:

Είναι πλήρως συμμορφωμένο με τα πρότυπα του άτεγκτου RoHS της Ευρωπαϊκής Ένωσης, πληρεί τις προϋποθέσεις για Energy Star 4.0 κατηγορία (την πιο αυστηρή κατηγορία) και τέλος έχει λάβει από την εταιρία αξιολόγησης των προσωπικών και των φορητών υπολογιστών των Ηνωμένων Πολιτειών EPEAT χρυσή αξιολόγηση, ένα από τα οχτώ laptops που το έχουν καταφέρει ποτέ αυτό. Σύμφωνα με την εταιρία ENERGY STAR, ένας μέσος επιτραπέζιος υπολογιστής στην αδρανή λειτουργία καταναλώνει 70 watt, ένας μέσος φορητός υπολογιστής στην αδρανή λειτουργία καταναλώνει 20 watts ενώ το XO στην αδρανή λειτουργία καταναλώνει μόλις 1 watt. Μεταξύ άλλων περιβαλλοντικά φιλικών καινοτομιών και χαρακτηριστικών το XO είναι το πιο σκληροτράχηλο, θα αντέξει περισσότερο και ως αποτέλεσμα θα παραμείνει έξω από τις χωματερές. Έχει σχεδιαστεί για διάρκεια ζωής πέντε χρόνων ακόμα και σε ακραία περιβάλλοντα όπως το ύπαιθρο, η ζούγκλα και η έρημος. Ο μέσος φορητός υπολογιστής έχει διάρκεια ζωής 2 χρόνια όταν χρησιμοποιείται σε γραφείο και πολύ λιγότερο όταν χρησιμοποιείται στο ύπαιθρο ή σε έρημο. Ο διπλασιασμός της διάρκειας ζωής του υπολογιστή μειώνει στο μισό το περιβαλλοντικό του αντίκτυπο.

Το XO είναι μισό σε μέγεθος και βάρος σε σχέση με το μέσο laptop. Το λιγότερο υλικό διαιρεί στη μέση τον αντίκτυπο στο περιβάλλον. Το XO είναι ο πρώτος φορητός υπολογιστής που κατασκευάστηκε με υλικά που έχουν ανανεώσιμη ενέργεια, μια μανιβέλα χειρός, ένα μικρό ηλιακό έλασμα, ένα πεντάλ ποδός, ή ένα σχοινί που θυμίζει τον τρόπο λειτουργίας των μηχανημάτων κοπής γκαζόν μπορεί να επαναφορτίσει τον υπολογιστή. Το XO χρησιμοποιεί μια μπαταρία και καινούρια χημεία που ονομάζεται LiFeP που διαρκεί τέσσερις φορές περισσότερο απ' ότι οι συνηθισμένες μπαταρίες φορητών υπολογιστών, και είναι σαφώς πιο ασφαλής από την κυρίαρχη τεχνολογία Lithium Ion που χρησιμοποιείται αυτή τη στιγμή.

Μητρική κάρτα XO - 3



Εικόνα 24 : Μητρική κάρτα XO-3

3.3.9 Ασύρματη Δικτύωση

Ολοκληρωμένη 802.11b / g (2,4 GHz) interface διπλή κεραία.

- Marvell 88w8686 WLAN module, με SDIO interface, με αφαιρούμενη μονάδα.
- Παραμένει σε τροφοδοσία ενώ η ταμπλέτα είναι σε αναστολή, ξυπνώντας το δισκίο, αν ένα πακέτο που απευθύνεται σε αυτό φτάνει .
- Ad-hoc στήριξη, πλέγμα δικτύωσης και 802.11s διαθέσιμα .

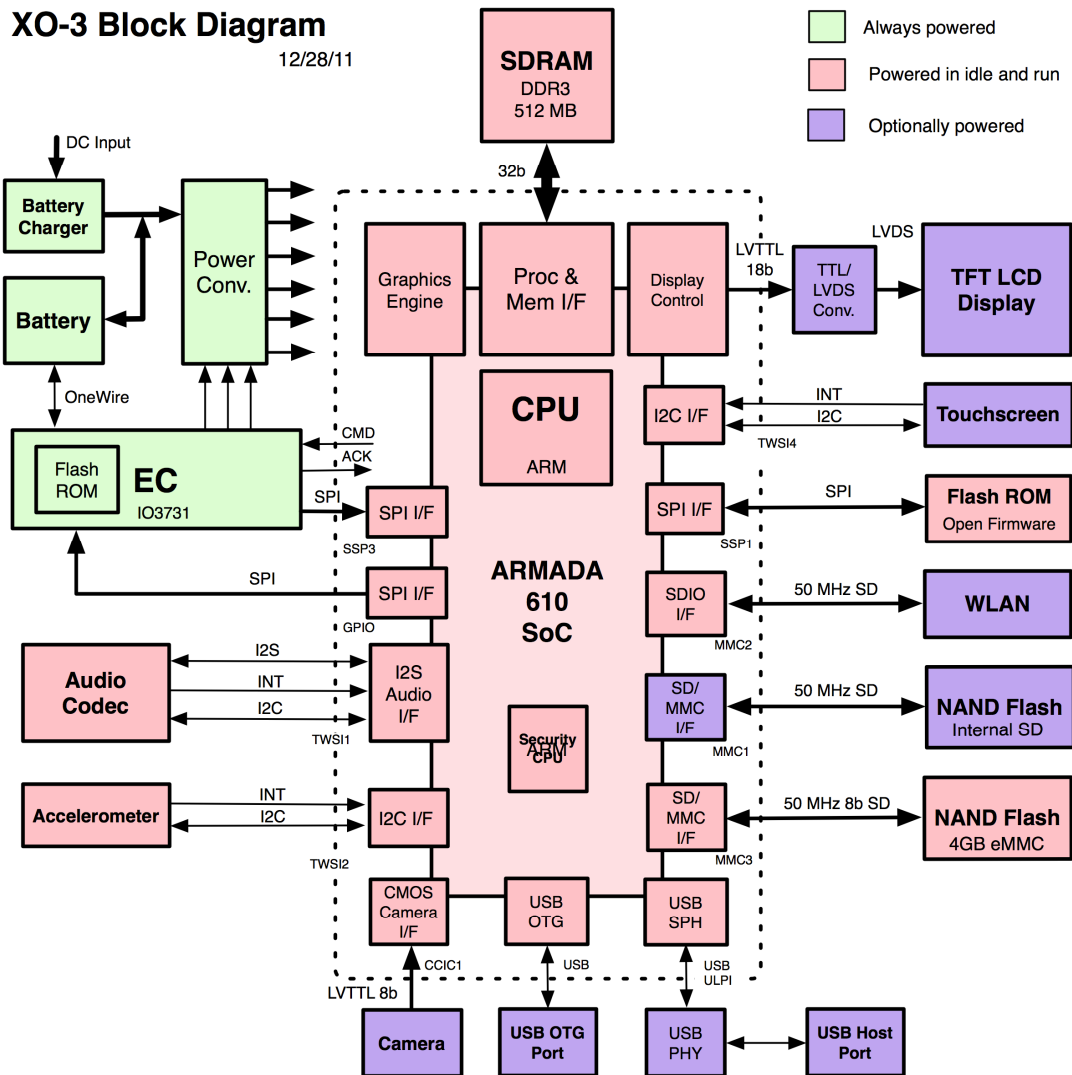
3.3.10 Περιβαλλοντικές συνθήκες

- ✓ Θερμοκρασία: 0 έως 50 βαθμούς Κελσίου (σε λειτουργία) .
- ✓ Υγρασία: Σχεδιάζεται UL πιστοποίηση IP42 όταν ο υπολογιστής είναι κλειστός πρέπει να σφραγίζει πολύ καλά, ώστε τα παιδιά να μην αντιμετωπίζουν προβλήματα με καταιγίδες και σκόνη. (IP42 είναι ο δείκτης προστασίας από στερεά και υγρά. Ο αριθμός 4 δείχνει την άμυνα κατά των ξένων σωμάτων με διάμετρο μεγαλύτερη από 1 χιλιοστό, το 2 δείχνει την προστασία από βροχή ή νερό που ψεκάζονται σε γωνία μέχρι και 15 °).
- ✓ Υψόμετρο: -15m έως 3048m (14,7 - 10,1 psi) (όταν το laptop λειτουργεί) -15m έως 12192m (14,7 - 4,4 psi) (όταν δεν λειτουργεί).

3.3.11 Κανονιστικές απαιτήσεις

- ✓ Το tablet θα συναντηθεί με IEC 60950-1, EN 60950-1, και CSA / UL 60950-1 (ασφάλεια) προδιαγραφές. Επίσης συνάδει με UL 1310 και UL 498. Για να εγγυηθεί την ασφάλεια των παιδιών που χρησιμοποιούν το tablet, περνά ASTM F 963 (Πρότυπο Προδιαγραφή Ασφάλειας των Καταναλωτών σχετικά με την ασφάλεια των παιχνιδιών, έκδοση 2003) .
- ✓ Το εξωτερικό τροφοδοτικό είναι σύμφωνο με το IEC, EN, και CSA / UL 60950-1
- ✓ Η αποσπώμενη μπαταρία είναι σύμφωνη με το IEC, EN, και CSA / UL 60950-1 και UL 2054 .
- ✓ RoHS (Οδηγία περιορισμού επικίνδυνων ουσιών - EE) συμμορφώνεται.

3.3.12 Διάγραμμα συστήματος block



Εικόνα 25 : Διάγραμμα συστήματος block

3.4 Καινοτομίες στο OLPC

Οι καινοτομίες στο OLPC είναι πολλές και αρκετές από αυτές, περιγράφηκαν στην ανάλυση του Hardware. Ωστόσο, αξίζει να αναφέρουμε κάποιες λεπτομέρειες του XO. Το DCON ολοκληρωμένο κύκλωμα μας επιτρέπει να καταναλώνουμε το ανανεωμένο πολύ χαμηλής ενέργειας επίπεδο πλαίσιο και ως αποτέλεσμα να κλείνουμε τελείως τον επεξεργαστή. Δεδομένου ότι το επίπεδο πλαίσιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε κλίμακες του γκρι με λειτουργία στα 0.1 watt, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε ότι η κατανάλωση ενέργειας μπορεί να ελεγχθεί εύκολα από το πλαίσιο τροφοδοσίας. Μπορούμε επίσης να αφήσουμε την ασύρματη Marvell λειτουργία να λειτουργεί ανεξάρτητα, προωθώντας πακέτα στη mesh δικτύωση ενώ όλα τα υπόλοιπα στοιχεία του υπολογιστή είναι κλειστά.

3.5 Software στο OLPC

Το εξ'ορισμού λειτουργικό σύστημα του XO φορητού υπολογιστή περιλαμβάνει εφαρμογές φιλικές προς τα παιδιά, τη διεπαφή Sugar και πολλά άλλα λογισμικά μέρη που έχουν αναπτυχθεί πάνω σε έναν τροποποιημένο πυρήνα του λειτουργικού συστήματος Fedora Linux. Σχεδόν όλο το λογισμικό είναι ανοιχτό και οι χρήστες μπορούν να το ερευνήσουν και να το τροποποιήσουν. Εναλλακτικά, εκδόσεις των Debian, Fedora, Android, Ubuntu και άλλες Linux διανομές έχουν αναπτυχθεί και τρέχουν ομαλά στο XO.

3.5.1 Περιβάλλον Χρήστη

Το περιβάλλον χρήστη είναι Sugar γραφικό περιβάλλον, γραμμένο σε Python, στο πάνω μέρος του X Window System και του Matchbox Window Manager. Έχει σχεδιαστεί ειδικά για συνεργασία χρηστών μέσω των εφαρμογών που διαμοιράζονται στο δίκτυο (μέθοδος κλήσεων και σημάτων). Έχει "Zooming" διεπαφή σε σφαίρες συνδεσιμότητας δικτύου (τοπικές, συνεργατικές και γειτονικές) . Τέλος διαθέτει Jurnal διεπαφή για να αποθηκεύει γεγονότα, εφαρμογές, αντικείμενα (αρχεία) και 800 MiB flash αποθηκευτικό χώρο που είναι διαθέσιμος για άλλες λειτουργίες του λογισμικού.

3.5.2 Εργαλεία

- Κομπιουτεράκι.
- Spreadsheet (υπό κατασκευή).
- Terminal, ένα κέλυφος για τις εντολές που χρησιμοποιεί Bash.
- Develop, ένας επεξεργαστής εφαρμογών (υπό κατασκευή).
- Εργαλεία Remote display και Remote Desktop, για την απομακρυσμένη πρόσβαση στο XO laptop.

3.5.3 Mesh δικτύωση

Τα χαρακτηριστικά της διεπαφής mesh δικτύωσης περιλαμβάνουν:

- Την ικανότητα ένας υπολογιστής να δρα ως κόμβος ακόμη κι όταν η CPU δεν είναι σε λειτουργία.
- Υποστήριξη ασυμμετρικών μονοπατιών και συνδέσεων.
- Βελτιωμένες εκδόσεις - η mesh δικτύωση - είναι διαθέσιμη στο XO αλλά νέες εκδόσεις θα βελτιώσουν της λειτουργικότητα και την συμβατότητα με τα πρότυπα.
- Παράλληλη λειτουργία και ως κόμβος mesh και ως κόμβος υποδομής.
- Συμμόρφωση με τα πρότυπα: ακολουθεί το 802.11s προσχέδιο όπου είναι δυνατό.

3.5.4 Στρατηγική Έρευνα

Το OLPC είναι καινούριο. Δεν υπάρχει μεγάλη εμπειρία σε σχέση με το πώς να χρησιμοποιείται ο υπολογιστής αποδοτικά. Δεν υπάρχει σχεδόν καθόλου εμπειρία στις αναπτυσσόμενες χώρες. Επομένως, είναι απαραίτητο μια ομάδα από διανοούμενους να μελετήσουν, να αναλογιστούν, να συζητήσουν και να προτείνουν βασισμένοι στο τι δουλεύει, τι χρειάζεται βελτίωση και τι νέες ευκαιρίες υπάρχουν. Επίσης, χρήσιμο θα ήταν η ομάδα αυτή να περιλαμβάνει όχι μόνο άτομα που σχετίζονται με την εκπαίδευση. Καλό θα ήταν να περιλαμβάνει διανοούμενους, καλλιτέχνες, δημάρχους για να υπάρχει ποικιλομορφία στην εμπειρία και στην αυθεντία.

3.5.5 Τι είναι το περιβάλλον Sugar

Το Sugar είναι ο πυρήνας του OLPC Human Interface. Ο σκοπός του είναι να κάνει τον υπολογιστή ευχάριστο, εύκολο στη χρήση, μια κοινωνική εμπειρία που προωθεί τον διαμοιρασμό και την εκπαίδευση. Το αρχικό Interface του είναι το εξής:



Εικόνα 26 : Το αρχικό Interface του Sugar

Το Sugar είναι ένα περιβάλλον επιφάνειας εργασίας που αρχικά αναπτύχθηκε για το project υπολογιστής / εκπαίδευση της οργάνωσης One laptop per child και από τον Μάιο του 2008 αναπτύσσεται υπό την αιγίδα της εταιρίας Sugar Labs. Το περιβάλλον Sugar χρησιμοποιείται στο OLPC XO-1 laptop και είναι επίσης διαθέσιμο σαν επιλογή συνεδρίας στα λειτουργικά συστήματα Ubuntu και Fedora. Σε αντίθεση με τα συνηθισμένα περιβάλλοντα εργασίας, δε χρησιμοποιεί την μεταφορά της επιφάνειας εργασίας και εστιάζει σε μία λειτουργία τη φορά. Οι κύριοι συντελεστές αυτού του έργου είναι οι Christopher Blizzard και Marco Pesenti Gritti, Eben Eliason, Tomeu Vizoso, Simon Schampijer, Dan Williams, Walter Bender, Christian Schmidt, Lisa Strausfeld, και Takaaki Okada. Η κοινότητα του ανοιχτού λογισμικού έχει συμβάλει σημαντικά για την ανάπτυξη του Sugar.

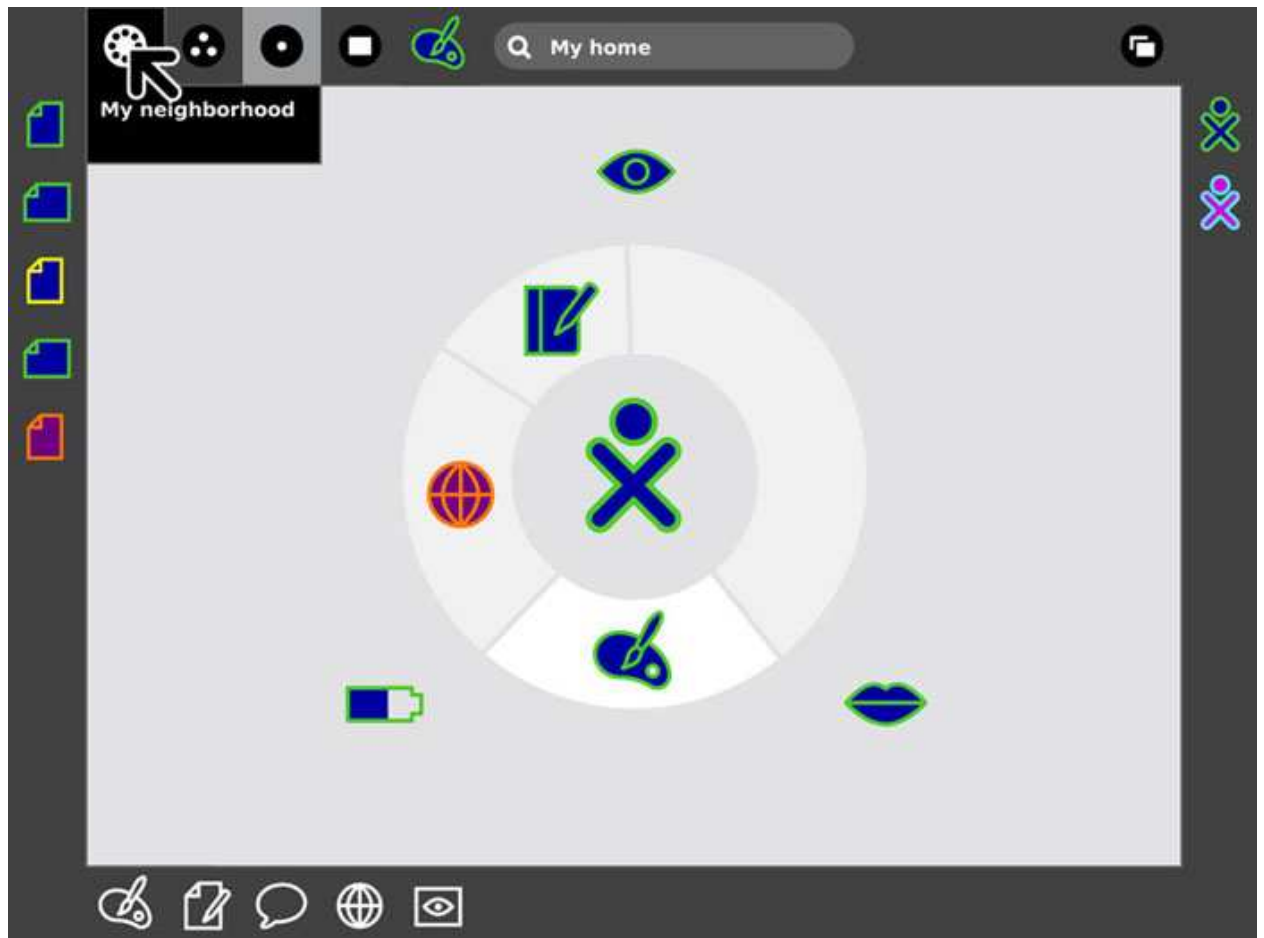
Κυκλοφορεί υπό GNU GPL άδεια κυκλοφορίας, το Sugar είναι ανοιχτού λογισμικού. Το Sugar είναι γραμμένο σε γλώσσα προγραμματισμού Python, ενώ τα περισσότερα περιβάλλοντα είναι γραμμένα σε μεταφρασμένες γλώσσες όπως η C. Το Sugar επίσης αναφέρεται και ως OLPC Python περιβάλλον. Συνίσταται από τη γλώσσα Python, GTK GUI και Gecko HTML μηχανή.

Η έκδοση Sugar 0.84 κυκλοφόρησε στις 04/03/2009. Είναι διαθέσιμο ως USB-bootable διανομή Linux (“Sugar on a Stick”) και ως λογισμικό κομμάτι που αποτελεί ένα επιπλέον περιβάλλον που μπορεί κάποιος να εγκαταστήσει στις περισσότερες Linux διανομές. Εγκαθίσταται με χρήση του Fedora Live USB Creator, που πλέον δίνει τη δυνατότητα να κατεβάσει κάποιος την έκδοση strawberry του Sugar σε USB.

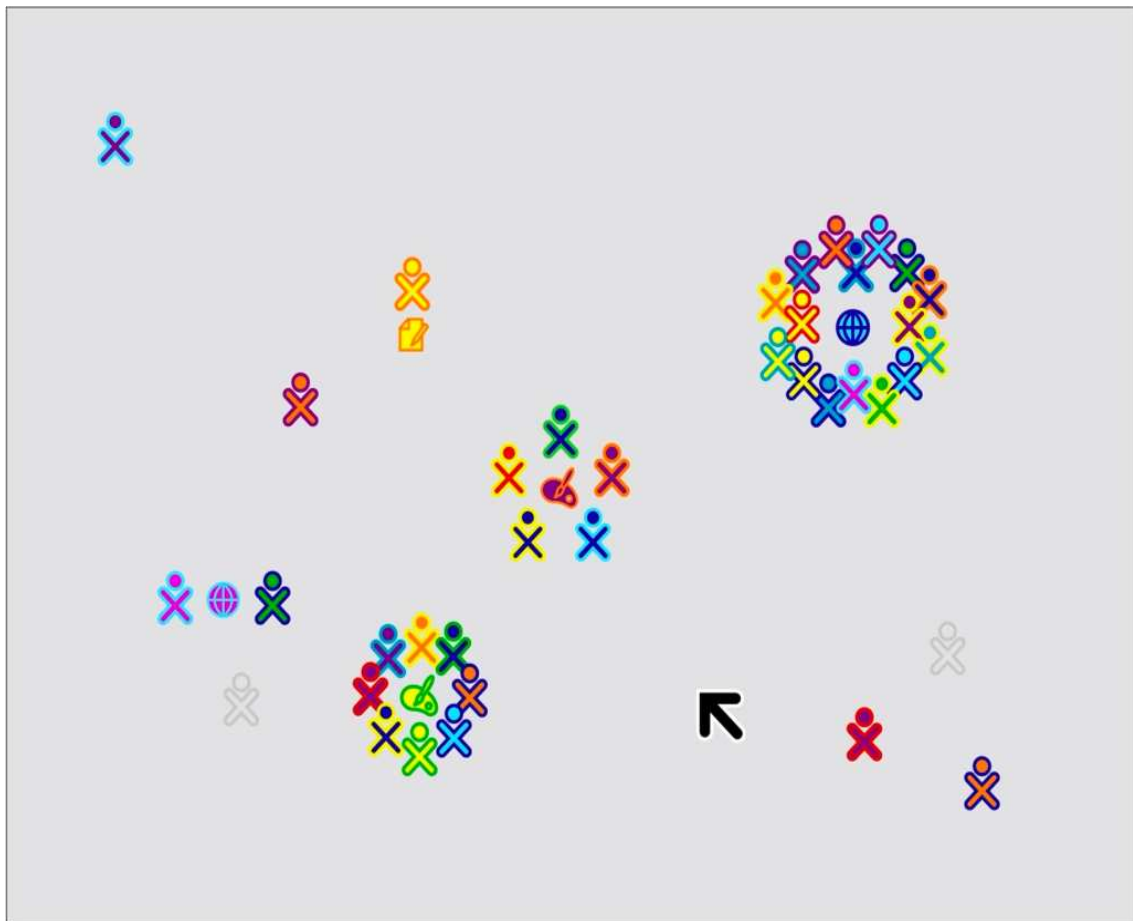
Η έκδοση 0.82.1 του Sugar περιλαμβάνεται στο λογισμικό σύστημα του OLPC για τα laptop XO-1. Το Sugar ακόμα αναπτύσσεται. Τον Μάιο του 2006, οι δημιουργοί του το περιέγραψαν ως ένα πρωταρχικό εργαλείο έκφρασης, ενώ, υπάρχουν σχέδια να συμπεριλαμβάνει χαρακτηριστικά πολυμέσων και κοινωνικής δικτύωσης. Στις αρχές του 2007, το Sugar μπορούσε να εγκατασταθεί (με κάποια δυσκολία) σε μια ποικιλία από λειτουργικά συστήματα, συμπεριλαμβανομένων Linux διανομών, Microsoft Windows και Mac OS X. Οι οδηγίες είναι διαθέσιμες στη σελίδα wiki για το έργο OLPC.

Στα μέσα του 2008, το Sugar είναι διαθέσιμο σε Debian, Ubuntu, και Fedora διανομές του Linux, π.χ. στα Ubuntu 8.04 (Hardy Heron), το Sugar μπορεί να εγκατασταθεί από τις επίσημες universe repositories των Ubuntu. Το Fedora Live CD με το Sugar περιβάλλον επιφάνειας εργασίας μπορούμε να το κατεβάσουμε από το site <http://sdz.fedorapeople.org/olpc/>

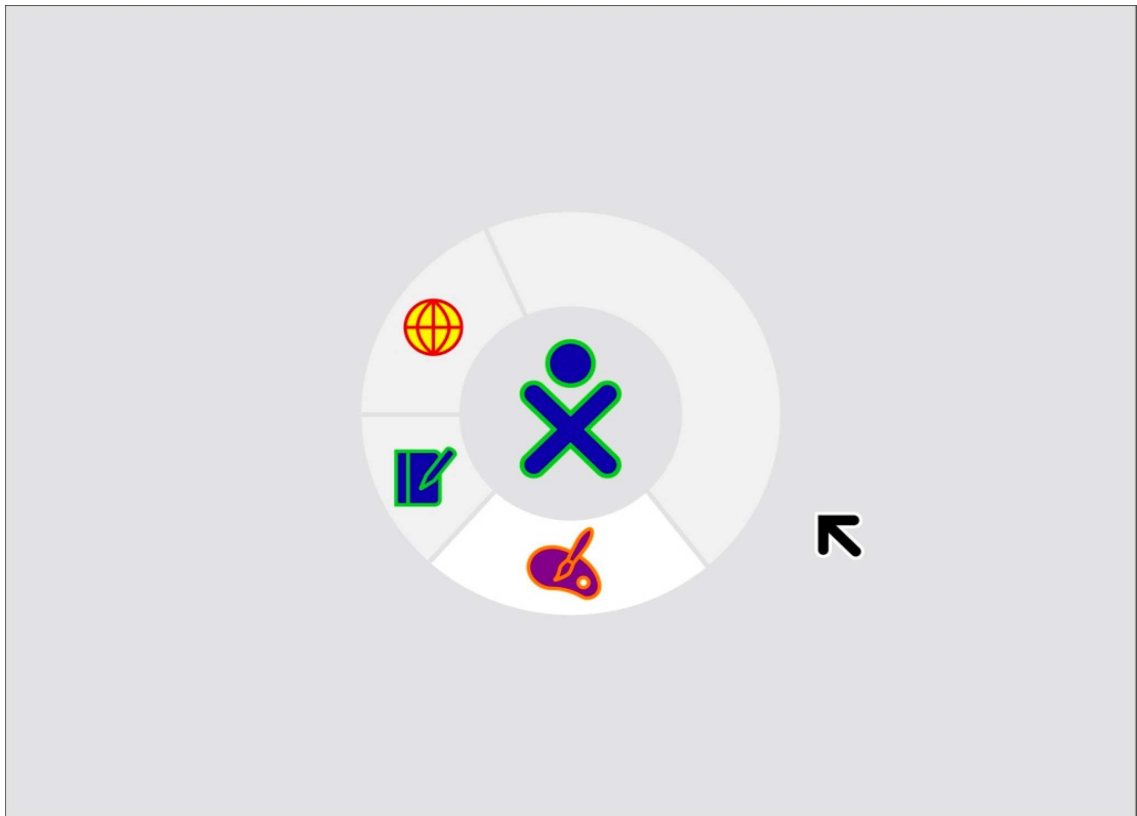
Ακολουθούν μερικές φωτογραφίες του Sugar:



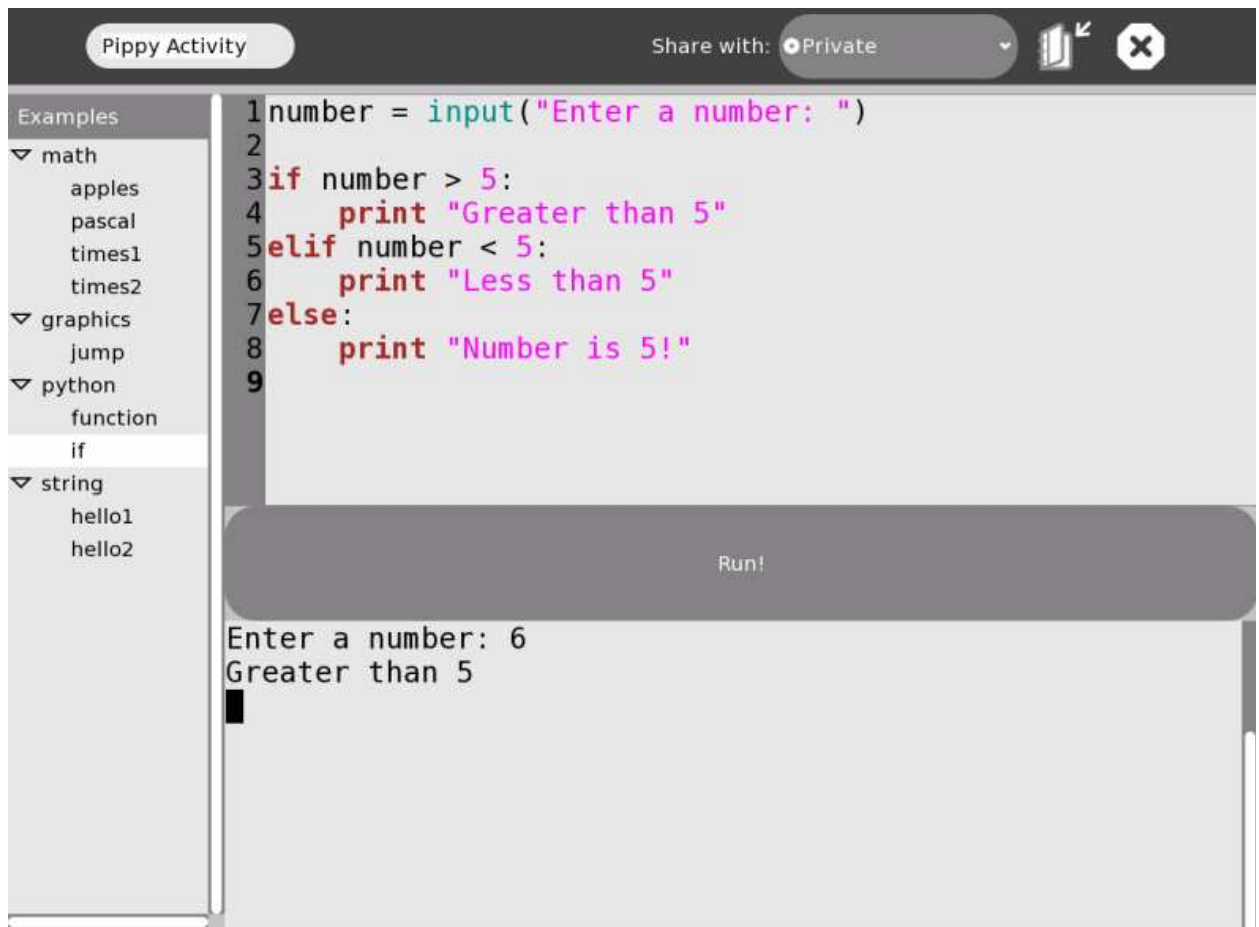
Εικόνα 27 : Sugar home view



Εικόνα 28 : Neighborhood



Εικόνα 29 : Sugar home view from pre-0.82 releases

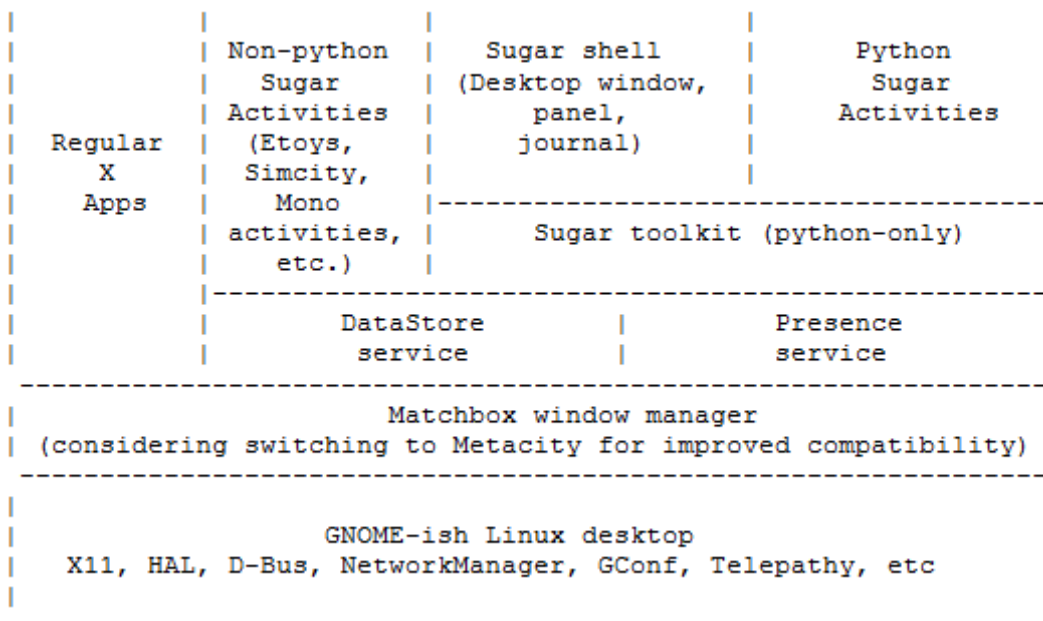


Εικόνα 30 : Sugar Pippy activity





























Η Sugar Labs είναι μια μη κερδοσκοπική οργάνωση με σκοπό να παράγει, να διανείμει και να υποστηρίζει την χρήση της πλατφόρμας εκμάθησης του Sugar. Η Sugar Labs υποστηρίζει την κοινότητα των εκπαιδευτικών και αυτών που αναπτύσσουν με σκοπό να εξελίξουν την πλατφόρμα ή δημιουργούν Sugar Activities. Η Sugar Labs είναι μέλος της Software Freedom Conservancy, μια οργάνωση που αποτελείται από τα projects ανοιχτού λογισμικού.

3.5.6 Εφαρμογές που έχει το OLPC

Υπάρχουν τρεις τύποι εφαρμογών που διανέμονται με το βασικό σύστημα: εργαλεία για εξερεύνηση, έκφραση και συνεργασία. Οι εφαρμογές που έχουν αναπτυχθεί ή θα αναπτυχθούν ονομάζονται δραστηριότητες .



Εικόνα 31 : Activity Chart

 Help: Documentation and Help for the XO	 Measure: Oscilloscope and Data Logging
 Browse: Web browser based on xulrunner	 Distance: Measure distance between two laptops
 Read: Book/PDF reader	 Memorize: A game about finding matching pairs
 Write: Word processor	 Implode: Logic game
 Paint (Oficina): Simple paint activity	 Maze: Maze game
 Record: Still, video, and audio capture	 Moon: Moon phase viewer, includes Lunar phase information, eclipse data, and various display options.
 Tam Tam Jam: Music composition and synthesis. Tamtam has four separate activities : Tam Tam Jam, Edit, Synthlab, and Mini.	 Ruler: Graphical cm/mm ruler and grids to take measurements of lengths and angles of objects the size of XO laptop screen
 Tam Tam Edit: Music composition and synthesis. See also TamTam Synthlab and Mini.	 Scratch: An easy-to-learn, multimedia programming language. Snap together colorful command blocks to create interactive animations, stories, and games, then share your creations on the Scratch website.
 Tam Tam SynthLab: Music composition and synthesis. See also TamTam Mini.	 Speak: An animated face that speaks whatever you type
 Tam Tam Mini: A mini TamTamJam.	 Wiki Browse: Offline English Wikipedia snapshot
 Chat: Text chat	 Terminal: An activity version of the Sugar terminal
 Pippy: Python Programming language/environment	 Log: An activity version of the Sugar logging tool
 Etoys: Learning / programming / authoring environment	 Analyze: An activity version of the Sugar analyze tool
 Turtle Art: Pseudo-Logo graphical programming language	
 Calculate: Basic calculator	

Εικόνα 32 : Activities στο OLPC

3.5.7 OLPC στην φροντίδα της υγείας

Το MIT Media Lab συνεργάζεται από τον Μάιο του 2009 με την εταιρεία VIDAVO, η οποία είναι εξειδικευμένη σε θέματα τηλεματικής στην υγεία, και απόρροια της ερευνητικής συνεργασίας τους είναι το έργο CLAP.

Σε αυτό επιδιώκεται ο συνδυασμός του OLPC υπολογιστή μ' ένα σύνολο αισθητήρων, για την καταμέτρηση και την αποστολή ζωτικών στοιχείων του χρήστη με τη βοήθεια του κατάλληλου λογισμικού, σε αρμόδιο ιατρικό προσωπικό ή πρωτοβάθμιες μονάδες, με στόχο την παρακολούθηση της υγείας του. Η προσπάθεια αυτή (της οποίας το ερευνητικό σκέλος έχει πλέον ολοκληρωθεί και ήδη πραγματοποιούνται οι δοκιμές στο πεδίο) ενισχύεται οικονομικά από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, η οποία την ενέταξε στο 7ο Πρόγραμμα Πλαίσιο, εκτιμώντας την κοινωνική της διάσταση.

Πλαίσιο Εφαρμογής

Το πλαίσιο αυτό αποτελείται από τέσσερα αλληλεπιδρώντα σύννεφα. Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων συλλέγουν δεδομένα από την παρακολούθηση μιας μεγάλης ποικιλίας παραμέτρων, όπως τα περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά (νερό, έδαφος, αέρα, κτλ. ηφαιστειακά κατάλοιπα), τα ζωτικά σημεία, σχετικές με την υγεία του ανθρώπου υποδοχές, πρότυπα συμπεριφοράς. Αυτό αναφέρεται ως σύννεφο Α. Σε αυτό το σύννεφο, αισθητήρες έχουν αναπτυχθεί σε καίρια σημεία των αγροτικών περιοχών, που θα μπορούσαν να κυμανθούν από τις όχθες των ποταμών, γεωγραφικά δύσκολες περιοχές, τα σχολεία, χώρους συγκέντρωσης, τα σπίτια, μέχρι και σε άτομα. Τα δίκτυα αισθητήρων θα μπορούσαν να συλλέγουν διάφορα κρίσιμα δεδομένα (π.χ., το επίπεδο του νερού στα ποτάμια που θα μπορούσε να βοηθήσει ως προειδοποίηση για πλημμύρες, σεισμούς κ.λπ.) και να τα στέλνουν σε πύλες εξόδου που αναφέρονται ως σύννεφο Β.

Συνήθως κάθε ένα από τα χωριά ή τις αγροτικές περιοχές, έχει τουλάχιστον ένα σύννεφο Β εγκατεστημένο. Ένα σύννεφο Β λειτουργεί ως ένας χώρος προώθησης για τα αποκτηθέντα δεδομένα. Εκτός από τα δεδομένα που συλλέγονται από τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, ένα σύννεφο Β μπορεί να υποστηρίξει τη συλλογή και άλλων χρήσιμων δεδομένων, όπως δημογραφικά στοιχεία, πληροφορίες για την περίθαλψη υγείας (για παράδειγμα, γρίπη των χοίρων αναφέρθηκαν περιπτώσεις στις αγροτικές περιοχές του Μεξικού), γεωργικές πληροφορίες, κλπ., που θα μπορούσε να τα εισάγει χειροκίνητα ή ημιαυτόματα. Στο πλαίσιο μας ένα σύννεφο Β υλοποιείται από τις δικτυωμένες κοινότητες που είτε προϋπάρχουν για κάποιο άλλο λόγο είτε έχουν συσταθεί για τη συγκεκριμένη περίπτωση. Παραδείγματα αυτών των κοινοτήτων του δικτύου μπορούν να βρεθούν σε ένα χωριό εξοπλισμένο με OLPC, σε κινητά τηλέφωνα που μεταφέρουν την επικοινωνία ή σε ένα όχημα που πάνω του έχει τοποθετηθεί ιατρική μονάδα με τη λειτουργία ασύρματης πρόσβασης. Ένα σύννεφο Β μπορεί να κινηθεί γύρω από τις αγροτικές περιοχές και να εξυπηρετεί πολλές εφαρμογές του σύννεφου Α ή μπορεί να συνδεθεί και να συλλέγει στοιχεία μόνο από μία.

Όπως γίνεται εδώ αντιληπτό το σύννεφο Β είναι ένας κατανεμημένος και αυτόοργανωμένος χώρος, που αποθηκεύει και προωθεί δεδομένα. Μια προσέγγιση ως προς την εφαρμογή ενός σύννεφου Β είναι να διαμορφώσει ασύρματα ad hoc δίκτυα που βασίζονται σε υπολογιστές (φορητοί υπολογιστές). Μια άλλη προσέγγιση είναι να σχηματίσει μια επικοινωνία κοντινού πεδίου (Near Field Communication “NFC”), δίκτυο που βασίζεται σε κινητά τηλέφωνα. Μια τρίτη θα ήταν ένα δίκτυο που βασίζεται σε ταυτοποίηση μέσω ραδιοσυχνοτήτων (Radio Frequency Identification “RFID”). Ανεξάρτητα από την εφαρμογή οποιασδήποτε προσέγγισης το σύννεφο Β είναι σε θέση να:

- α) Συλλέγει τα δεδομένα από το εγκατεστημένο σύννεφο Α.
- β) Διατηρεί αυτά τα δεδομένα και προαιρετικά να τα προσθέτει.
- γ) Επεξεργάζεται προαιρετικά όλα τα δεδομένα.
- δ) Κοινοποιεί τα δεδομένα προς τα έξω.

Στοιχεία επικοινωνίας από ένα σύννεφο Β προς τον έξω κόσμο πραγματοποιούνται από τις εγκαταστάσεις που αναφέρονται ως σύννεφο Γ. Το σημαντικό έργο της υλοποίησης ενός σύννεφου Γ είναι να εξασφαλιστεί η αξιόπιστη αγορά και παράδοση των δεδομένων από τις αγροτικές περιοχές προς μια κεντρική τοποθεσία που αναφέρεται ως κέντρο σύννεφο Δ. Μία εγκατάσταση ενός σύννεφου Γ είναι σε θέση (ασύρματα) να ανακοινώνει τα στοιχεία λειτουργώντας ως επαναλήπτης ή δρομολογητής. Μπορεί να έχει επιπλέον δυνατότητες για τα εισερχόμενα δεδομένα ώστε να αποθηκεύονται προσωρινά και / ή μεταποιημένα. Παραδείγματα εφαρμογών ενός σύννεφου Γ μπορεί να κυμαίνονται από πολύ απλές λύσεις ενός ενιαίου PDA που χρησιμοποιείται από ένα ταχυδρόμο ή ένα διανομέα του πόσιμου νερού, μέχρι τις πιο σύνθετες εγκαταστάσεις ενός δορυφορικού εξοπλισμού ή ενός οχήματος με επικοινωνιακές ανέσεις. Σημειώστε επίσης ότι ανάλογα με τη χώρα και τις ιδιαιτερότητες της κάθε εφαρμογής ορισμένες εφαρμογές μπορούν άριστα να αποφασίσουν να συνδυάσουν το σύννεφο Β και Γ σε μία εγκατάσταση ή (λιγότερο πιθανό) το σύννεφο Α και Β σε μία εγκατάσταση.

Ένα σύννεφο Δ συλλέγει (μεταποιημένα ή αυτούσια) δεδομένα από τις εγκαταστάσεις του σύννεφου Β που ανακοινώνονται μέσω των αντίστοιχων εγκαταστάσεων του σύννεφου Γ. Ένα σύννεφο Δ θα πρέπει να συνδυάζει αυτά τα στοιχεία με τα δεδομένα από άλλες εφαρμογές του σύννεφου Α και από παλαιές εγγραφές για μια συγκεκριμένη αγροτική περιοχή ή μια σειρά από επιλεγμένες περιοχές και να τα παρέχει σε ένα κέντρο αναφοράς (το οποίο θα μπορούσε επίσης να συνδυαστεί με την απόφαση της κυβέρνησης και των εξουσιών δράσης). Με τον τρόπο αυτό, η κυβέρνηση παίρνει έγκαιρα τα επεξεργασμένα στοιχεία από τις αγροτικές περιοχές και, συνεπώς, αποφασίζει για τις απαραίτητες ενέργειες. Τα στοιχεία αυτά όχι μόνο μπορούν να βοηθήσουν την κυβέρνηση να παρέχει διάφορες υπηρεσίες στις αγροτικές περιοχές και να παίρνει εκπαιδευτικές στρατηγικές αποφάσεις για το σχεδιασμό (όπως για παράδειγμα μέσω της παρακολούθησης προτύπων συμπεριφοράς και κοινωνικό-οικονομικών δεικτών), αλλά θα μπορούσαν επίσης να βοηθήσουν στην καταπολέμηση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης καθώς και για την πρόληψή τους (από τα πολλά παραδείγματα που θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί, το πιο αυτονόητο είναι επιδημία / πανδημιών και φυσικές καταστροφές).

Δίκτυο Σχηματισμού Αλγορίθμου

Περιγράφουμε ένα σχηματισμό αλγορίθμου ενός δικτύου αισθητήρων για την αξιοποίηση του περιβάλλοντος εφαρμόζοντας το πλαίσιο που παρουσιάσαμε πριν. Το σύννεφο Α αποτελείται από κόμβους αισθητήρες. Το δίκτυο διαμορφώνεται σε τέσσερις φάσεις με τη βοήθεια ενός υπάρχοντος peer-to-peer ασύρματου δικτύου πλέγματος (WMN) (σύννεφο Β). Οι τέσσερις φάσεις συνοψίζονται (Πίνακας 1).

Φάση 1: Υποθέσεις και IEEE 802.15.4 παράμετροι.

Οι ίδιοι οι κόμβοι αυτοοργανώνονται, σύμφωνα με το πρότυπο IEEE 802.15.4. Αυτοοργάνωση σημαίνει ότι όλοι οι κόμβοι έχουν την ιδιότητα της διάσκευσης. Στο σενάριο εφαρμογής ένα ad-hoc συγκεντρωμένο δέντρο πολλαπλής τοπολογίας παρουσιάζεται στην (Εικόνα 33). Οι κεφαλές διασποράς και ο συντονισμός του δικτύου εκτελούνται από τους κόμβους του σύννεφου Β. Αυτό οδηγεί σε υψηλότερη ενεργειακή απόδοση και μεγαλύτερη διάρκεια ζωής για το σύννεφο Α.

Φάση 1: Εκκίνηση Εικόνα 1	Οι κόμβοι αυτό-οργανώνονται ή προ-προγραμματίζονται. Οι δεξαμενές έχουν προεπιλεγεί ανάλογα με τη γεωγραφία (δηλαδή τη πιθανότητα εμφάνισης κόμβου), παράμετροι ανίχνευσης, χωρητικότητα αποθήκευσης ή αυθαίρετα.
Φάση 2: μόνος κόμβος Εικόνα 2	Ο κόμβος που είναι σε απόσταση υποδεικνύει την παρουσία του. Εάν είναι μόνος του χρησιμεύει επίσης ως συντονιστής του δικτύου και ως πύλη εξόδου. Αν δεν υπάρχει σύνδεση του Β-Γ οι πληροφορίες αποθηκεύονται προσωρινά σε αυτόν τον κόμβο.
Φάση 3: δόμηση Εικόνα 3	Καθώς εισάγονται και άλλοι κόμβοι, αυτοί αναδιοργανώνονται ανάλογα με τις πληροφορίες που έχει κάθε κόμβος. Οι κόμβοι αυτοοργανώνονται για να αποφασίσουν για τους συνεργατικούς σχηματισμούς, πύλες εξόδου και αποθήκευση.
Φάση 4: σταθερή κατάσταση	Καθώς όλο και περισσότεροι κόμβοι εμφανίζονται οι προϋποθέσεις για την προώθησή τους γίνεται πιο ευνοϊκή. Μειώνονται οι Multi-hop αποστάσεις. Το δίκτυο φθάνει σε συνθήκες ωρίμανσης.

Πίνακας 1: Οι τέσσερις διαφορετικές φάσεις δημιουργίας του δικτύου

Ο ρόλος πατέρα / παιδιού εναλλάσσεται. Ένα παιδί με κόμβο X σε κάποιο βαθμό μπορεί να γίνει ένας γονιός με κόμβο X. Αυτό είναι το αποτέλεσμα των αλλαγών στην τοπολογία του δικτύου καθώς οι κόμβοι του σύννεφου B εισέλθουν, εξέλθουν ή κινηθούν σε σχέση με το σύννεφο A. Η φάση 1 σχηματισμός διαδρομής του σύννεφου A (IEEE 802.15.4 Cluster - δέντρο) αποθηκεύεται ως προεπιλεγμένη κατάσταση σε κάθε κόμβο. Πληροφορίες σχετικά με τα παιδιά και τους γονείς αποθηκεύονται στους κόμβους για να χρησιμοποιηθούν από «ανώτερα στρώματα».

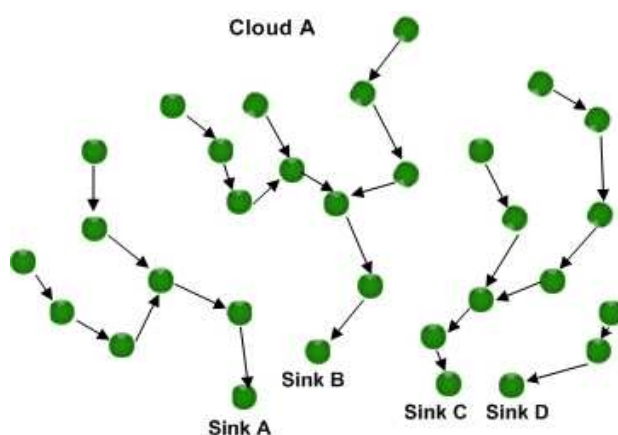
Φάσεις 2-4 : Φάσεις λειτουργίας

Μόλις η Φάση 1 έχει ολοκληρωθεί και το σύννεφο A έχει οριστεί σε κανονική λειτουργία, οι κόμβοι του σύννεφου B θα συνδεθούν μεταξύ τους στις δεξαμενές του δικτύου. Στις φάσεις λειτουργίας 2-4, όπου τουλάχιστον ένας κόμβος συνδέεται με το δίκτυο βλέπουμε τους ακόλουθους τύπους κόμβων σε μια συγκεκριμένη περίπτωση:

- Hop (η σύνδεση μεταξύ δύο κόμβων του δικτύου) 0: κόμβοι με έναν γειτονικό κόμβο.
- «Άτεκνοι» κόμβοι: Όλοι οι κόμβοι της δεξαμενής της φάσης 1 και όλοι οι «άτεκνοι» της φάσης αυτής που δεν έχουν hop 0 κόμβων και μόνο αυτοί ανήκουν στην κατηγορία .
- Πατέρας / Παιδιά κόμβος: Οι κόμβοι που έχουν και ένα γονέα κόμβο και ένα ή περισσότερα παιδιά κόμβους.

Φυσικό στρώμα

Υποθέτουμε ότι μια σειρά από κόμβους που σχηματίζονται από το πρότυπο IEEE 802.15.4 δέντρο τοπολογίας ασύρματου ad-hoc δικτύου αισθητήρων (σύννεφο A). Πέραν των κλασσικών κόμβων υποθέτουμε ένα σύνολο κόμβων που σχηματίζουν ένα δίκτυο πλέγματος χρησιμοποιώντας το OLPC PDM (Pulse density modulation-Παλμός πυκνότητας διαμόρφωσης) αλγόριθμο (Cloud B) .



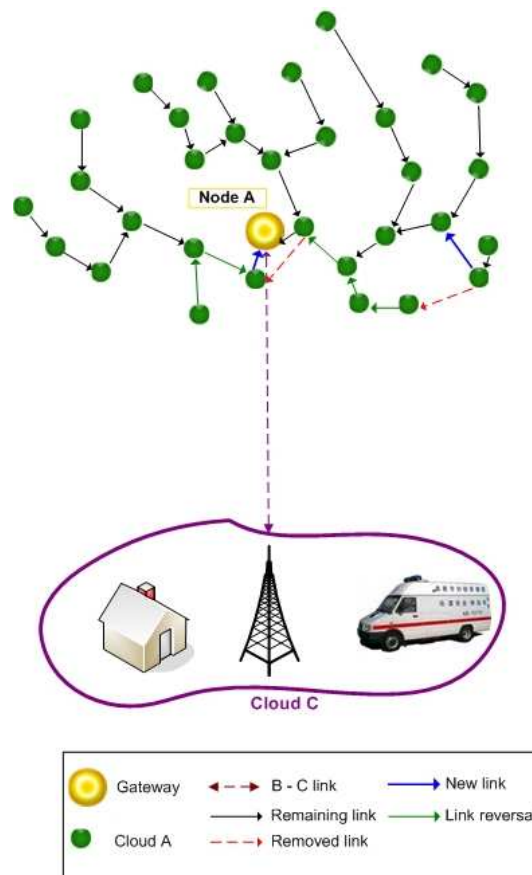
Εικόνα 33 : Φάση 1, IEEE 802.15.4 τυπικό σύμπλεγμα peer-to-peer ad-hoc σχηματισμό

Εκτιμήσεις στο φυσικό επίπεδο περιλαμβάνουν την επιλογή ζώνης (π.χ. 2,4 GHz χωρίς άδεια αποτελεί βιομηχανική και επιστημονική ιατρική (ISM) ζώνη συχνοτήτων, έτσι το κόστος μειώνεται, αλλά η παρεμβολή είναι μια σοβαρή εξέταση πρέπει να μελετηθεί), το σχεδιασμό κεραίας και τις προδιαγραφές του Συστήματος Chip (SoC). Αυτά τα ζητήματα δεν αντιμετωπίζονται στο παρόν έγγραφο.

Πληροφορίες της παρουσίασης

Κάθε κόμβος κατοχυρώνει τον εαυτό του ως μία δεξαμενή του σύννεφου A. Αυτό επιτυγχάνεται με το ότι κάθε κόμβος μεταδίδει τη στιγμιαία καταχώρισή του. Όλοι οι κόμβοι που λαμβάνουν δεδομένα και δεν έχουν μία σύνδεση με έναν άλλο κόμβο θέτουν τον επιλεγμένο κόμβο στην δεξαμενή τους. Οι κόμβοι που έχουν ήδη μια σύνδεση με έναν κόμβο αγνοούν την πρόσκληση. Στην περίπτωση αυτή η τοπολογία του δικτύου δεν αλλάζει στα κλαδιά των παιδιών των δέντρων αυτών των κόμβων.

Οι κόμβοι που αποφασίζουν να δεχθούν τον κόμβο ως έναν «αρχηγό» (cluster-head), γίνονται hop 0 κόμβοι γι'αυτό το σύμπλεγμα. Ο πρώτος κόμβος που φτάνει στην εγγύτητα του σύννεφου A αναλαμβάνει το ρόλο του συντονιστή του σύννεφου A (Εικόνα 34). Όλοι οι επόμενοι κόμβοι θα αποτελέσουν ανεξάρτητες ομάδες. Ο συντονιστής θα μπορούσε επίσης να λειτουργεί ως πύλη εξόδου για το σύννεφο Γ. Άλλοι κόμβοι μπορούν επίσης να λειτουργούν ως πύλες εξόδου, και να ενεργούν ως «αρχηγοί» (cluster-heads) ή όχι. Ο ρόλος του συντονιστή μπορεί να μεταφερθεί μεταξύ των κόμβων.



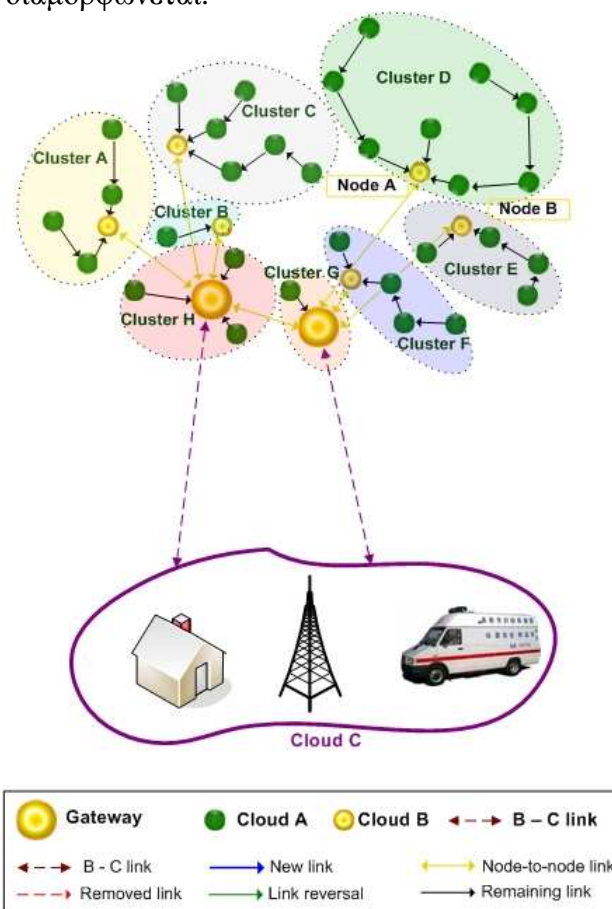
Εικόνα 34 : Φάση 2, Το δίκτυο στο αρχικό του στάδιο

Ομαδοποίηση

Οι κόμβοι μεταδίδουν τις στιγμιαίες καταχωρίσεις τους καθώς κινούνται. Όταν ένας κόμβος δημιουργεί μια άμεση σύνδεση με έναν κόμβο, ενημερώνει τους γείτονές του. Για το σκοπό αυτό, μεταδίδει την παρούσα πληροφορία του. Σε περίπτωση που κάποιος από αυτούς τους κόμβους έχει δύο ή περισσότερες συνδέσεις, οι άλλοι επικεντρώνουν την κίνησή τους στον εν λόγω κόμβο. Μπορεί να είναι ότι ο γονέας αυτού του κόμβου θα γίνει τώρα το παιδί του (Εικόνα 35). Σε γενικές γραμμές, κάθε φορά που ένας κόμβος στέλνει τις στιγμιαίες καταχωρίσεις του μπορούν να συμβούν οι ακόλουθες αλλαγές (σε όλες τις περιπτώσεις οι κόμβοι αποδεσμεύονται από τον πρώην γονέα τους και συσχετίζονται με το νέο):

- Οι σύνδεσμοι για το σύννεφο A έσπασαν για τους κόμβους που συνδέονται άμεσα με τον κόμβο.
- Οι σύνδεσμοι για το σύννεφο A αντιστράφηκαν για τους κόμβους του γονέα και αποφασίστηκε να χρησιμοποιηθεί μία νέα διαδρομή για την περίπτωση των κόμβων.
- Σχηματίζονται νέες συνδέσεις για το σύννεφο A και για κάθε ένα σύνδεσμο που σχηματίζεται ένας άλλος εξαφανίζεται.

Οι κόμβοι μεταδίδουν προς τα πίσω το νέο καθεστώς δρομολόγησης. Όταν εμφανίζεται κάποια από τις παραπάνω αλλαγές ένα νέο σύμπλεγμα τοπολογίας του δέντρου δικτύου διαμορφώνεται.



Εικόνα 35 : Φάσεις 3&4, Δόμηση και λήξη του δικτύου

Συζήτηση

Διάφοροι αλγόριθμοι δρομολόγησης έχουν προταθεί για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων. Ανάμεσά τους η ελάχιστη ενέργεια δρομολόγησης και οι ελάχιστες hop δρομολογήσεις υποφέρουν από διάφορες ανεπάρκειες, οι κυριότερες είναι ότι μειώνουν την κίνηση σε ορισμένες διαδρομές που χρησιμοποιούνται συχνά και δημιουργούν κυκλοφοριακή συμφόρηση. Η υπόθεση μας είναι ότι στο σενάριο εφαρμογή μας όλοι οι κόμβοι είναι εξίσου σημαντικοί και μοιράζονται τα ίδια χαρακτηριστικά (κινητικότητα και αποθήκευση).

Ομογενείς προσεγγίσεις είναι πιο κοντά στις ανάγκες μας. Πρόκειται ως επί το πλείστον για μία εργασία που εφαρμόζει μια πιθανολογική επιλογή της διαδρομής για τη χρήση (ή ο κόμβος να στείλει το επόμενο πακέτο) ενός συνόλου διαδρομών ή κόμβων υπολογίζοντας ή καθορίζοντας την ελάχιστη κατανάλωση που έχει σχέση με την υπολειπόμενη διάρκεια ζωής της μπαταρίας. Όλες αυτές οι προσεγγίσεις θεωρούν το δίκτυο ως ένα γενικού σκοπού δίκτυο. Ωστόσο τα WSNs συνήθως δεν ταιριάζουν σε αυτόν τον κανόνα. Τείνουν να είναι εξαρτώμενα από την εφαρμογή, τη μονή κατεύθυνση και τον προβλέψιμο ρυθμό, έτσι είναι η ροή των δεδομένων. Με άλλα λόγια, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων τείνουν να είναι (σχεδόν) μονής κατεύθυνσης, σε αντίθεση με το γενικό σκοπό των (ασύρματων) δικτύων. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για WSNs ιατρικών εφαρμογών, όπου κάθε μέτρηση είναι συνήθως εξίσου (αυστηρά) σημαντική, αλλά οι πληροφορίες σχετικά με τον τύπο των δεδομένων και τη ροή είναι προβλέψιμες σε μεγάλο βαθμό.

Εφαρμογή - βασισμένη στο σχεδιασμό του πρωτοκόλλου έχει μελετηθεί κυρίως για την περίπτωση των καθεστώτων συνεργασίας, όπου οι μετρήσεις είναι μεταξύ συσχετισμένων και έτσι υπάρχει πλεονασμός. Τα σενάρια μας επικεντρώνονται σε ανεξάρτητες μετρήσεις. Η αβεβαιότητα στην περίπτωση μας είναι «ελεγχόμενη» από την κίνηση των κόμβων του σύννεφου B. Έτσι, σε κάθε περίπτωση η μετάδοση του κόμβου του σύννεφου A πρέπει να βρει τη συντομότερη διαδρομή για το σύννεφο B, δηλαδή τον «πλησιέστερο» κόμβο.

Ορίζουμε την παρουσία ως ένα νέο τρόπο δρομολόγησης. Αυτή η προσέγγιση έχει αποδειχθεί πρόσφατα με επιτυχία σε ένα κινητό δίκτυο peer-to-peer. Οι πληροφορίες της παρουσίας προσδιορίζουν ένα κόμβο όσον αφορά τη συμμετοχή του σε μια διαδρομή (δέντρο) ενός δικτύου αισθητήρων.

Ωστόσο, το πρόβλημά μας είναι διαφορετικό από τα προαναφερθέντα για διάφορους λόγους:

- Μόνο οι κόμβοι του σύννεφου B είναι κινητοί.
- Μόνο οι κόμβοι του σύννεφου A εκπέμπουν γνήσια στοιχεία.
- Οι σταθμοί εκπομπής δεν απαιτούνται (τουλάχιστον για τη μετάδοση δεδομένων).
- Οι πληροφορίες κατάστασης για έναν κόμβο δεν περιλαμβάνουν την εφαρμογή ή τις πληροφορίες για το χρήστη.

Έτσι, η λύση μας επικεντρώνεται στην αξιοποίηση της συνεργασίας των δύο δικτύων, επιτυγχάνοντας χαμηλότερη κίνηση για το σχηματισμό του δικτύου.

Ένας άλλος αλγόριθμος δρομολόγησης που μοιάζει με το δικό μας είναι ο χαμηλής ενέργειας προσαρμοστικής ιεραρχίας ομαδοποίησης (Low-energy adaptive clustering hierarchy “Leach”). Ο Leach υιοθετεί μια ιεραρχική προσέγγιση για την οργάνωση του δικτύου σε ένα σύνολο συμπλεγμάτων. Κάθε σύμπλεγμα διοικείται από ένα επιλεγμένο «αρχηγό» (cluster-head). Τα αποτελέσματα της προσομοίωσης δείχνουν ότι ο Leach επιτυγχάνει σημαντική εξοικονόμηση ενέργειας. Ωστόσο, αυτό επιτυγχάνεται μόνο αν ισχύσουν ορισμένες παραδοχές. Αυτές οι παραδοχές μπορούν να εξελιχθούν σε ελλείψεις. Για παράδειγμα, η παραδοχή ότι όλοι οι κόμβοι μπορούν να φτάσουν το σταθμό βάσης σε μία hop μπορεί να μην είναι ρεαλιστική, και η διάρκεια της σταθερής κατάστασης της περιόδου που είναι κρίσιμη για την επίτευξη της εξοικονόμησης ενέργειας μπορεί να μην είναι κατάλληλη για συγκεκριμένες εφαρμογές. Το πρωτόκολλο μας αντιμετωπίζει τις ανεπάρκειες αυτές με την εισαγωγή πληροφοριών στο στρώμα εφαρμογής. Για παράδειγμα, η περιστροφή του (cluster-head) που περιλαμβάνεται στον Leach, ώστε να μην εξαντλήσει συγκεκριμένους κόμβους που είναι άσχετοι με εμάς, όπως την αξιοποίηση των κόμβων του σύννεφου B. Επιπλέον, η σταθερή κατάσταση της περιόδου είναι ανεξάρτητη από το πρωτόκολλο και εξαρτάται μόνο από τις δυνατότητες της εφαρμογής. Τέλος, η τοπολογία του συμπλέγματος του δέντρου υιοθέτησε μία άμεση επέκταση του πρωτοκόλλου Leach. Σημείωση, ότι σε μια απλοποιημένη περίπτωση, όπου υπάρχουν αρκετοί κόμβοι για να καλύψουν πλήρως την έκταση του δικτύου του σύννεφου A, έτσι καθώς οι κόμβοι καταλήγουν σε hop 0 κόμβων, τότε το πρωτόκολλο μας λειτουργεί ως ένα στατικό δίκτυο Leach, το οποίο είναι γνωστό ότι έχει ανώτερη εξοικονόμηση ενέργειας σε σύγκριση με άλλες υπάρχουσες WSN MAC προσεγγίσεις.

Ο σχηματισμός του πρωτοκόλλου του δικτύου όπως περιγράφεται εδώ μοιάζει επίσης με τα θέματα του σχεδιασμού και της απόδοσης ενός διασύνδεμένου 802.15.4 συμπλέγματος. Η προσέγγισή μας, στην οποία ο συντονιστής του συμπλέγματος χρησιμοποιείται για να συνδέσει τα συμπλέγματα, είναι γνωστό ότι είναι ανώτερη από την άποψη της κυκλοφορίας και της αποδοτικότητας και έχει το μειονέκτημα ότι γίνεται ένα κοινό σημείο αποτυχίας και στόχος για επιθέσεις ασφάλειας. Ωστόσο, έχουμε ξεπεράσει αυτό το μειονέκτημα με την εισαγωγή του cluster-head του σύννεφου B, αντί ενός κοινού κόμβου του σύννεφου A. Για την καλύτερη γνώση μας, αυτό είναι μια βελτίωση που εμφανίζεται εδώ για πρώτη φορά στη βιβλιογραφία.

3.6 Μετρήσεις στο OLPC

3.6.1 Εισαγωγή

Ένα ασύρματο δίκτυο πλέγματος (WMN) είναι ένα multihop adhoc δίκτυο, όπου κάθε κόμβος συμπεριφέρεται ως ένα router. Τα δίκτυα αυτά συνήθως διαθέτουν αυτοοργάνωση, αυτοθεραπεία και αυτοδιαμόρφωση δυνατοτήτων. Αυτό παρέχει ευρωστία, αξιοπιστία και εύκολη συντήρηση σε ασύρματα δίκτυα πλέγματος. Ως αποτέλεσμα αυτού τα WMNS γίνονται δημοφιλείς για πολλές εφαρμογές.

Στην εργασία αυτή μελετάμε την απόδοση του OLPC. Το πρόγραμμα OLPC χρησιμοποιεί IEEE δικτύωση πλέγματος 802.11s ώστε να παρέχει υπηρεσίες δικτύου σε ένα περιβάλλον τάξης. Το πρόγραμμα χρησιμοποιεί χαμηλού κόστους XO OLPC φορητούς υπολογιστές που παρέχονται στους φοιτητές και υπολογιστές OLPC XS που λειτουργούν ως διακομιστές στο σχολείο.

Σε όλα μας τα πειράματά μας απασχολούν η B2 δοκιμαστική έκδοση του XO υλικού, η έκδοση 703 από την OLPC κατασκευή, η έκδοση Q2D14 του OLPC firmware, και η έκδοση 5.110.22.p1 του WLAN firmware .

Το WLAN firmware είναι ιδιόκτητο και κλειστού κώδικα. Σημείωση ότι οι νεότερες εκδόσεις των παραπάνω έχουν αναπτυχθεί από τότε και μπορεί να προσφέρουν καλύτερες δυνατότητες από αυτές που έχουμε εδώ.

Μετράμε απόδοση χρησιμοποιώντας Iperf, ένα εργαλείο μέτρησης εύρους ζώνης. Το Iperf παρέχει τόσο UDP όσο και TCP μετρήσεις που μας επιτρέπει να χρησιμοποιούμε διαφορετικές παραμέτρους, όπως το ρυθμό αποστολής δεδομένων, το μέγεθος του πακέτου, το μέγεθος του παραθύρου TCP, και το UDP μέγεθος του buffer μεταξύ άλλων. Οι περισσότερες εσωτερικές μετρήσεις για την απόδοση χρησιμοποιούν ένα ανιχνευτή για να βρίσκει το κανάλι για τα δεδομένα καρέ σε ανάμικτη λειτουργία. Εκτός εάν αναφέρεται ρητά, όλα τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται εδώ απασχολούν απλό CSMA, δηλαδή, με το RTS / CTS απενεργοποιημένο μηχανισμό . Κατά την έναρξη κάθε πειράματος ένα ελεύθερο κανάλι, έχει ανιχνευτεί από μια σάρωση καναλιών από τις ασύρματες κάρτες δικτύου τους, στη ζώνη των 2,4 GHz.

Όλα τα multihop πειράματα χρησιμοποιούν διαδραστικούς πίνακες. Σε αυτούς τους πίνακες έχουνε μαρκαριστεί ορισμένες διευθύνσεις MAC, έτσι ώστε ακόμα και αν απορριφθούν τα πακέτα που προήλθαν από τη διασύνδεση δικτύου, θα έχει γίνει αποτελεσματικό «πάγωμα» των μαρκαρισμένων διευθύνσεων MAC στο δοσμένο XO. Με τη χρήση του διαδραστικού πίνακα μπορούμε να διασφαλίσουμε ότι ορισμένες συνδέσεις στο δίκτυο απενεργοποιούνται, εξασφαλίζοντας έτσι μία ιδιαίτερα επιθυμητή τοπολογία δρομολόγησης.

Το υπόλοιπο της εργασίας οργανώνεται ως εξής:

Στην Ενότητα **3.6.2** αναφέρουμε τα αποτελέσματα των υπαίθριων πειραμάτων, και βλέπουμε ότι η μέτρηση του τρόπου απόδοσης διαφέρει ανάλογα με την απόσταση μεταξύ των OLPCs. Συζητάμε τα αποτελέσματα των πειραμάτων multihop στο τμήμα **3.6.3**. Στο τμήμα **3.6.4** μελετάμε τον αντίκτυπο των RTS/CTS για την απόδοση. Τέλος, παρουσιάζουμε τη σύναψη μας και τις παρατηρήσεις μας στο τμήμα **3.6.5**.

3.6.2 Αποτελέσματα δοκιμών

Στην ενότητα αυτή διαφοροποιούμε την απόσταση μεταξύ δύο OLPC κόμβων στο μεταξύ τους line-of-sight για τη μέτρηση της απόδοσης.

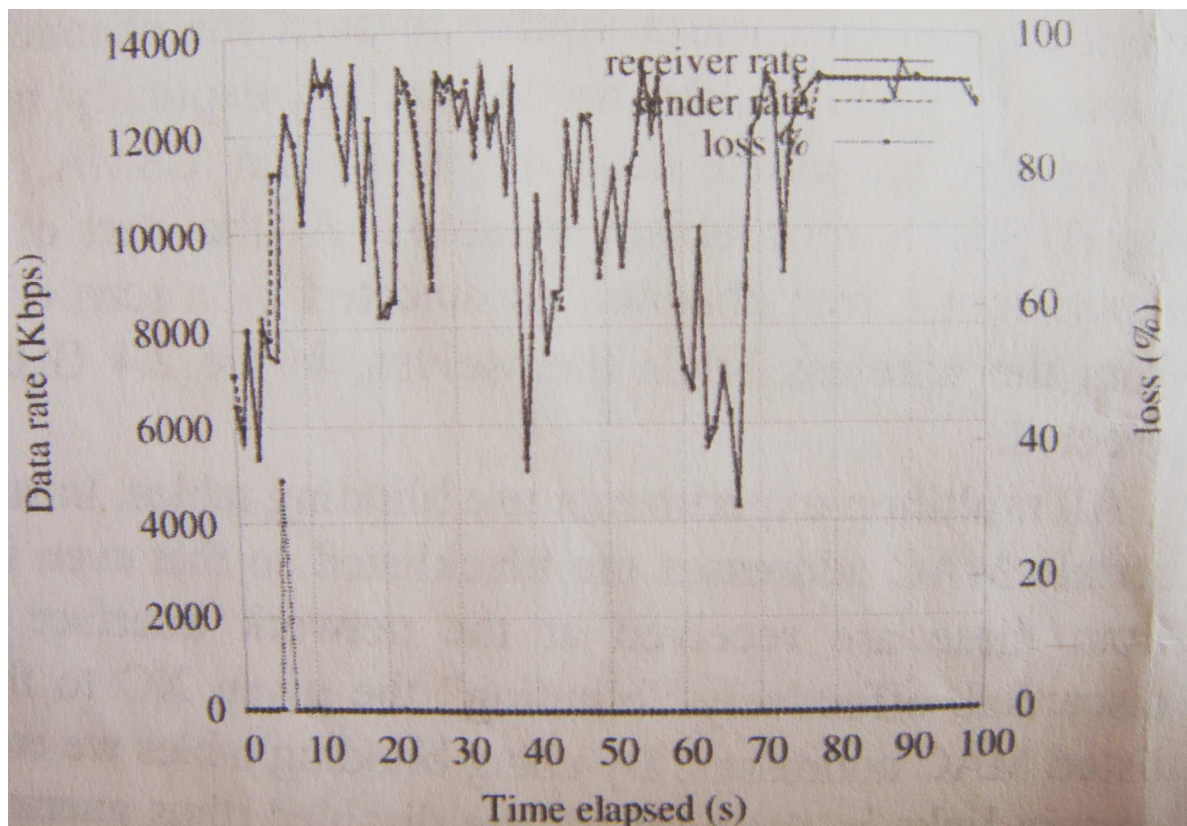
Αυτά τα πειράματα είναι χρήσιμα για τον καθορισμό της απόδοσης των XO σε εξωτερικό χώρο, για παράδειγμα, μια παιδική χαρά.

Έχουμε χρησιμοποιήσει δύο OLPC XO για τις εξωτερικές μας δοκιμές. Το μέγιστο εύρος ελέγχθηκε με χρήση ring και θα μπορούσαμε να πάρουμε τους φορητούς υπολογιστές να επικοινωνούν μεταξύ τους περίπου στα 150 μέτρα. Στη συνέχεια, δοκιμάσαμε την απόδοση σε λίγες διακριτές αποστάσεις μεταξύ μηδέν και 150 μ. (Εικόνα 36) είναι ένας GoogleMap από την τοποθεσία που χρησιμοποιείται για μία σειρά από δοκιμές. Ο χάρτης αποτελεί ένα μέρος του ΙΤ Δελχί πανεπιστημίου. Με το μπλε σταυρό και τους κύκλους αντιπροσωπεύονται οι διαφορετικές προσεγγιστικές θέσεις των φορητών υπολογιστών κατά τη διάρκεια των δοκιμών.

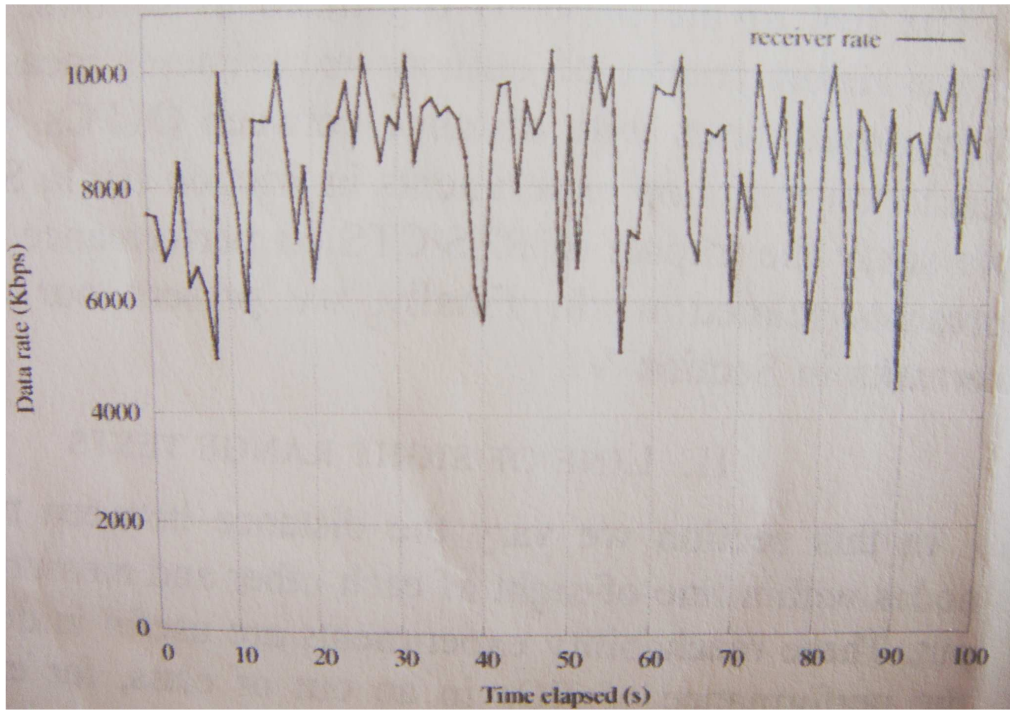


Εικόνα 36 : Η περιοχή που πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις

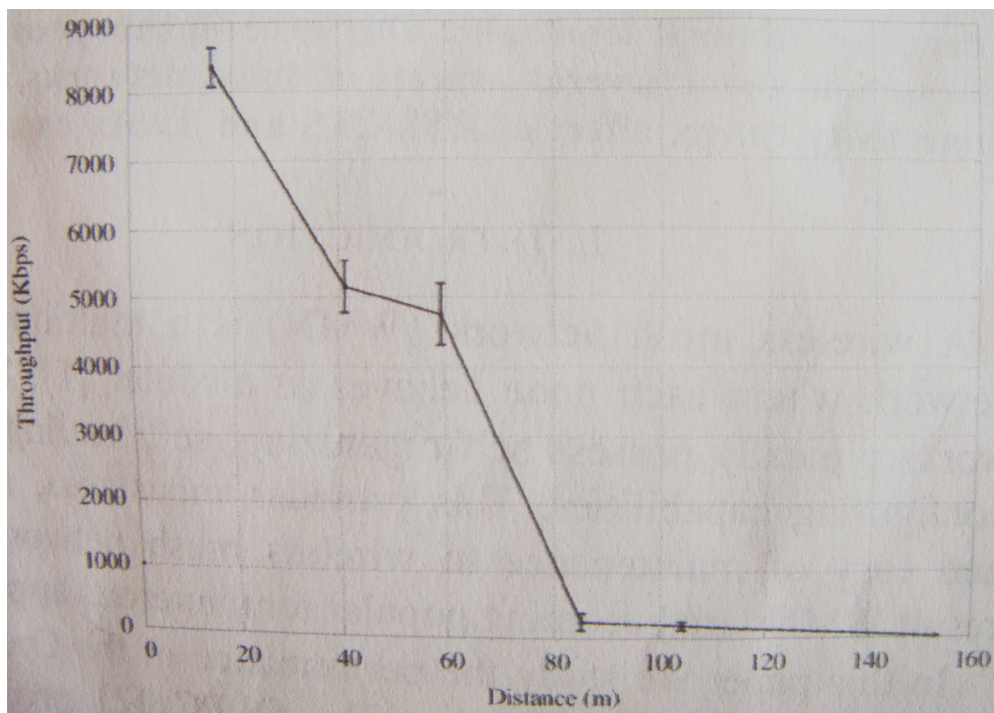
Ένα laptop διατηρήθηκε σταθερό στη θέση που χαρακτηρίζεται από σταυρό, ο οποίος είναι μπροστά από το κτίριο Bharti όπου βρίσκεται το τμήμα των Υπολογιστών, ενώ το άλλο laptop υπήρχε στις διαφορετικές πράσινες κηλίδες κατά τη διάρκεια διαφορετικών πειραμάτων, το πιο μακρινό πράσινο σημείο είναι κοντά στο νοσοκομείο ΠΤ. Κατά τη διάρκεια των πειραμάτων, οι φορητοί υπολογιστές διατηρήθηκαν σε απόσταση περίπου 1,2 m από το έδαφος, έτσι ώστε η οπτική επαφή να είναι εύκολο να διατηρηθεί.



Εικόνα 37 : UDP 13 Mbps data rate for 16m range



Εικόνα 38 : TCP 13 Mbps data rate for 16m range



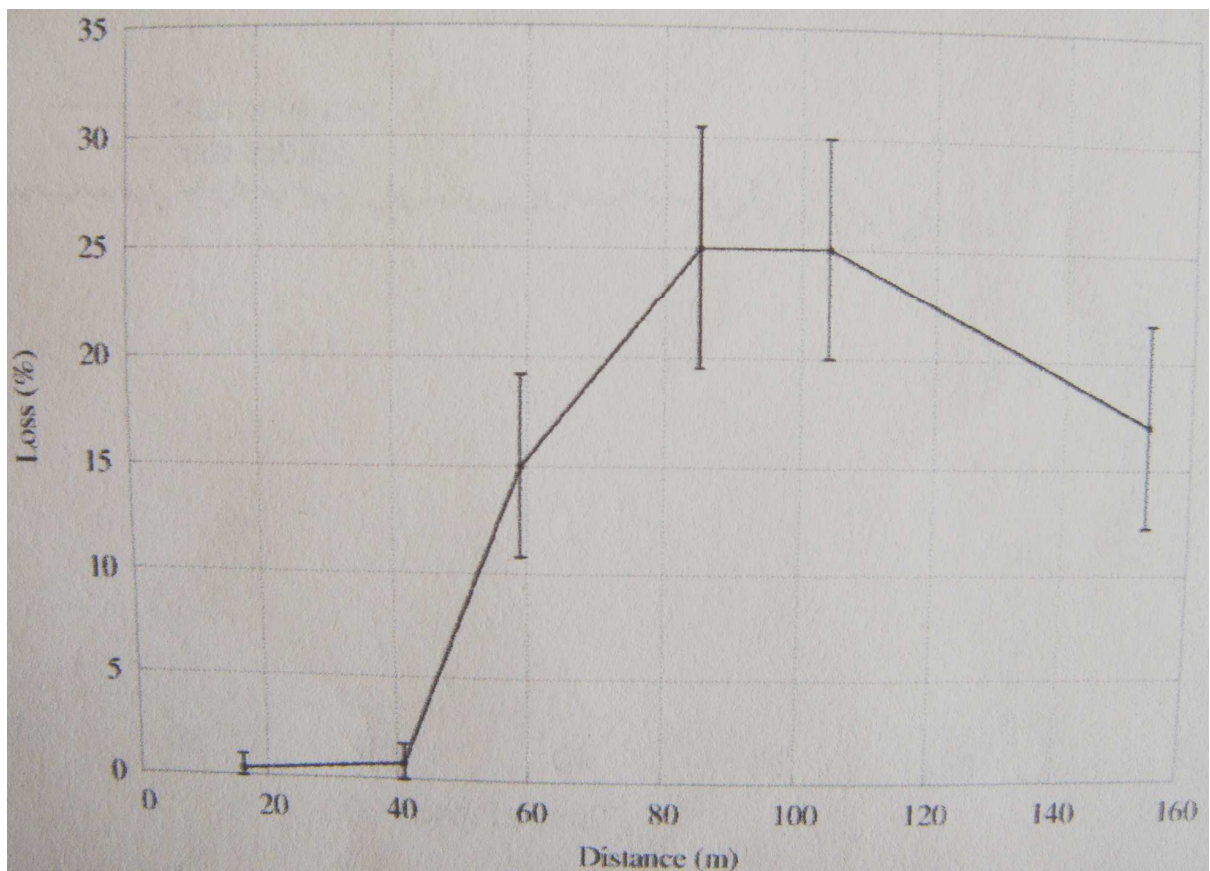
Εικόνα 39 : TCP throughput variation with distance

(Εικόνα 37) και (Εικόνα 38) απεικονίζουν την απόδοση των TCP και UDP σε εύρος 16m. Παρατηρούμε ότι με την πάροδο του χρόνου η απόδοση του TCP κυμαίνεται μεταξύ 6-10 Mbps. Λόγω συμφόρησης του TCP ο μηχανισμός ελέγχου προσαρμόζεται αναλόγως από την σχεδίαση, στέλνοντας το παράθυρο του να προσαρμόζεται σε συνθήκες καναλιού. Ως εκ τούτου, αυτή η διαφοροποίηση πρέπει να αναμένεται.

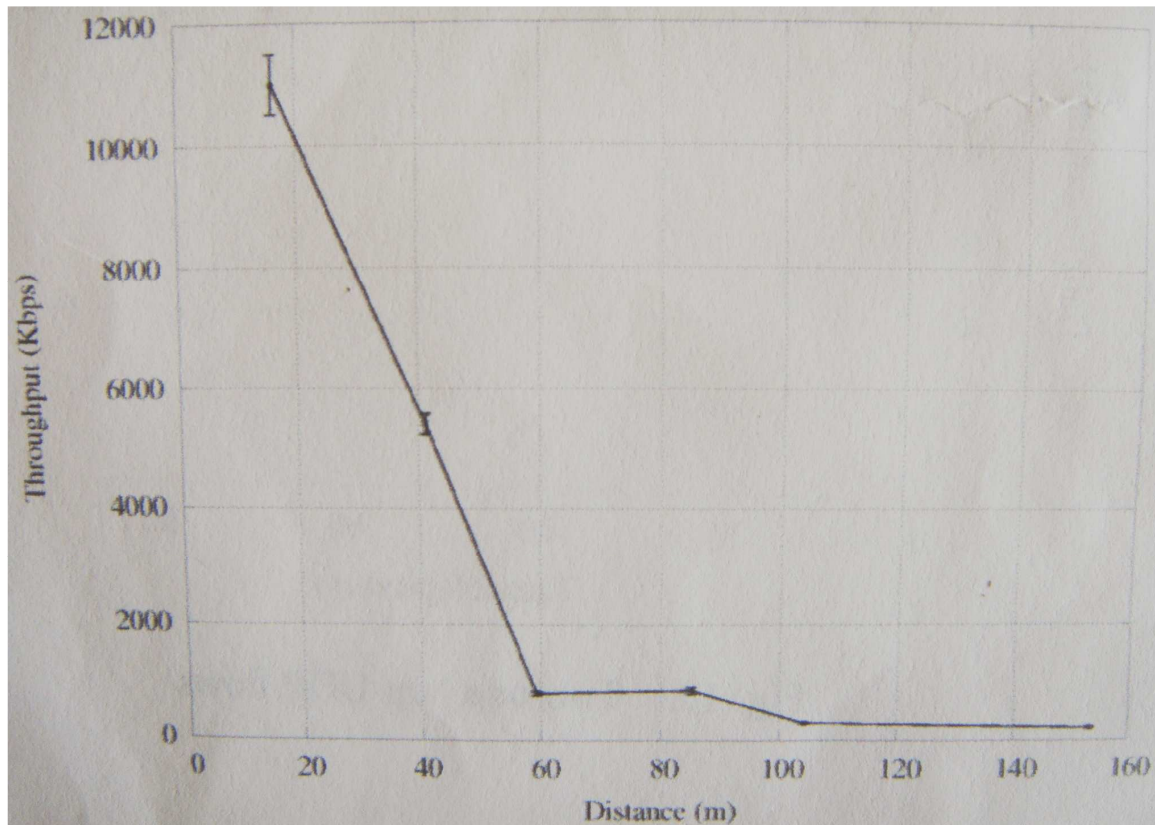
Παρατηρούμε επίσης ότι η UDP απόδοση μέσω του Iperf ποικίλλει μεταξύ 7-13 Mbps. Σε αυτό το πείραμα, η τιμή του UDP που στέλνεται έχει οριστεί σε 13Mbps. Ωστόσο, το Iperf ελέγχει τον αριθμό των bytes που πράγματι εγγράφονται στην υποδοχή UDP αφού έχει δώσει πρώτα την εντολή να γράψει, προκειμένου να βοηθήσει στη ρύθμιση του ρυθμού αποστολής με το επίπεδο εφαρμογών. Ως αποτέλεσμα αυτού υπάρχει ένας σιωπηρός μηχανισμός ανατροφοδότησης εξαιτίας του οποίου το πραγματικό επιτόκιο που στέλνει UDP να ποικίλλει με την πάροδο του χρόνου.

Θα μπορούσαμε να συνεχίσουμε να κυμαινόμαστε ελαφρώς πέρα από τα 150 m και το XO να είναι ακόμα σε θέση να συνεχίζει να κάνει ping ο ένας στον άλλο. Το εύρος των OLPCs είναι ως εκ τούτου αρκετά καλό, αν και οι απώλειες πακέτων μπορούν στην πραγματικότητα να διακυμανθούν στην περιοχή των 60 τ.μ. περίπου για κάθε πρακτική χρήση. Ακόμη και τα 60 m είναι αρκετά καλή απόσταση για την πραγματοποίηση του OLPC σκοπού για χρήση σε ένα περιβάλλον τάξης.

Συνοψίζουμε τα αποτελέσματά μας στις (Εικόνα 39) – (Εικόνα 41). Οι γραμμές σφάλματος και στα τρία διαγράμματα αντιπροσωπεύουν το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης.



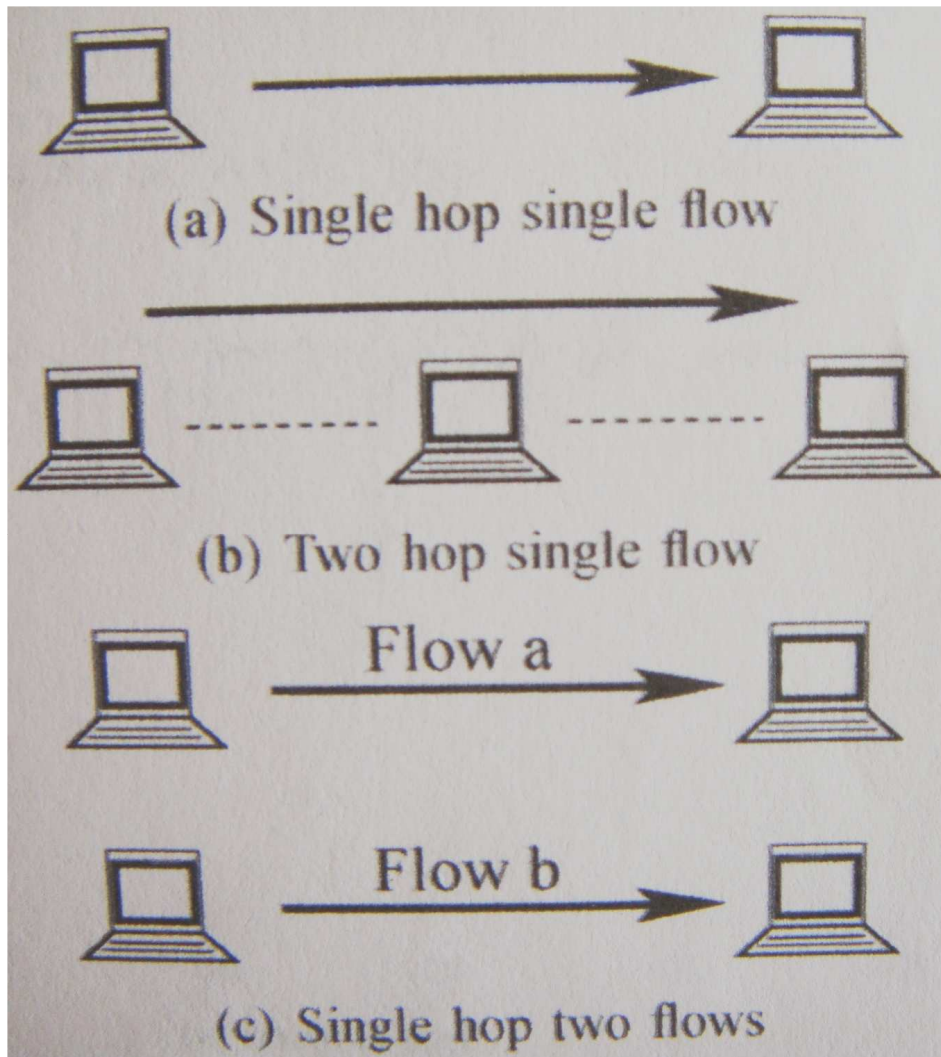
Εικόνα 40 : UDP loss variation with distance



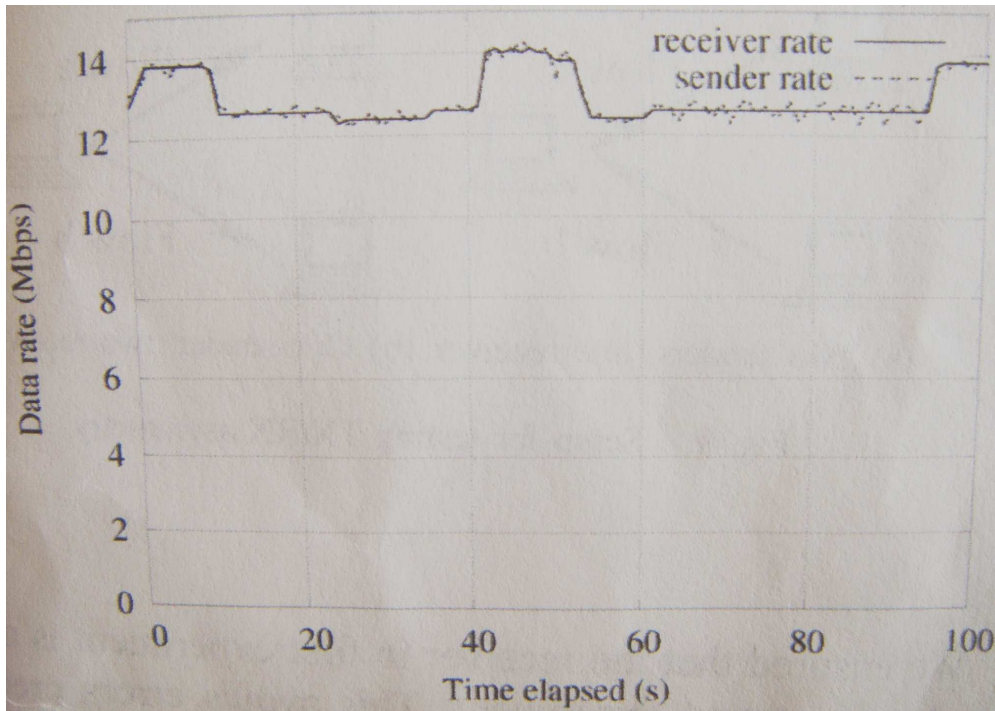
Εικόνα 41 : UDP throughput variation with distance

3.6.3 Πειράματα multihop

Σε ένα δίκτυο πλέγματος μπορεί να αναμένει κανείς να δει τη ροή δεδομένων να είναι έτοιμη να διασχίσει πολλαπλές ασύρματες συνδέσεις από τον αποστολέα στον δέκτη. Σε αυτή την ενότητα αξιολογούμε την απόδοση σε πολλαπλές συνδέσεις. Όλα τα πειράματα σε αυτό το τμήμα έγιναν σε εσωτερικούς χώρους με αποστάσεις πάνω από ένα με δύο μέτρα. Όλη η ροή των δεδομένων έγινε από άκρη σε άκρη. Λάβαμε απροσδόκητα μεγάλους ρυθμούς μετάδοσης σε πειράματα multihop (για παράδειγμα, (Εικόνα 44) για την τοπολογία στην (Εικόνα 42(b)). Από την μία αναμένουμε ότι η απόδοση μιας ροής δεδομένων σε μια τοπολογία δύο συνδέσεων (Εικόνα 42(b)) μπορεί να είναι περίπου η μισή από ότι σε μία μονή σύνδεση (Εικόνα 42(a)) από τον ενδιάμεσο κόμβο μπορεί είτε να μεταδίδει είτε να κάνει λήψη, αλλά όχι και τα δύο συγχρόνως.



Εικόνα 42 : Single and multihop, and single multiflow topologies



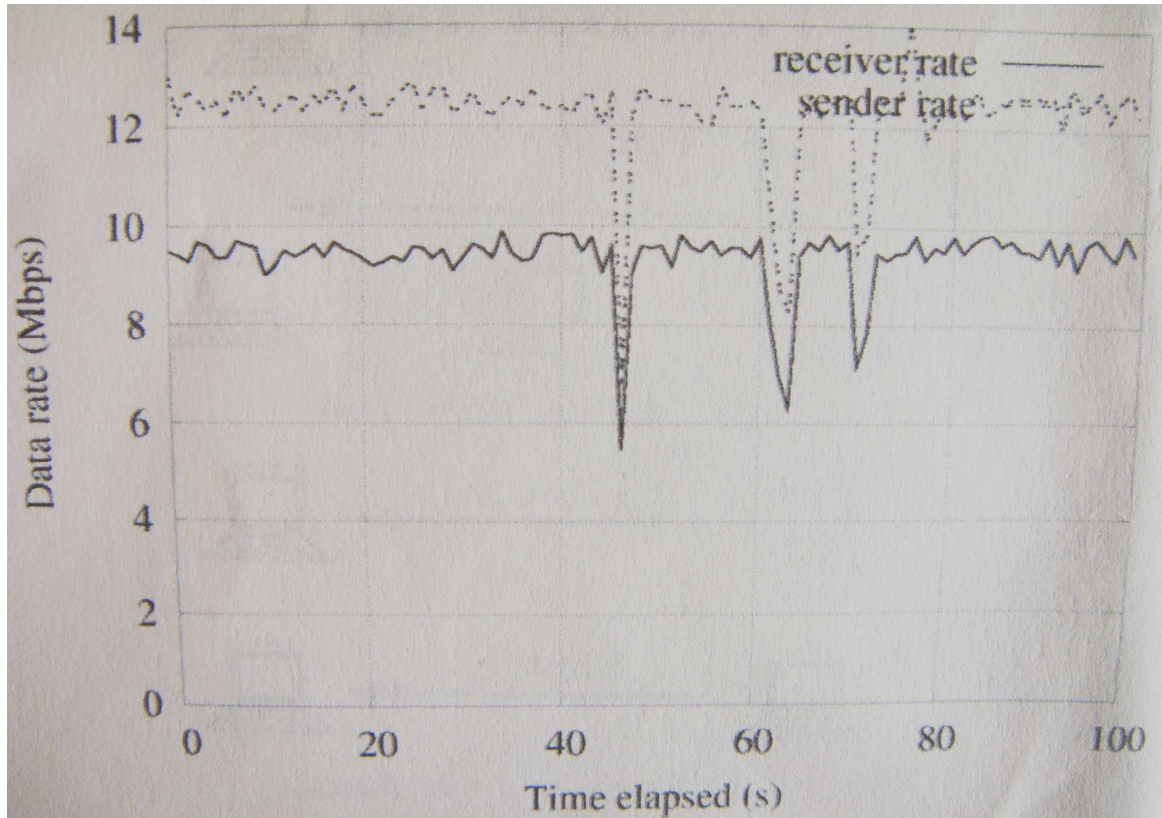
Εικόνα 43 : One hop single UDP flow

Αυτό συμβαίνει επειδή ο ενδιάμεσος κόμβος πρέπει τόσο να λαμβάνει όσο και να προωθεί τα δεδομένα, κάθε ένα από αυτά χρειάζεται το μισό από το διαθέσιμο χρόνο του καναλιού. Ωστόσο, τα αποτελέσματά μας δείχνουν ότι αυτό δεν ισχύει. Σε μία τοπολογία δύο συνδέσεων η ροή UDP (Εικόνα 44) επιτυγχάνει μεταφορά των δεδομένων με μέσο όρο σχεδόν 10 Mbps (περίπου το 70% της μονής σύνδεσης που παρατηρήθηκε στην (Εικόνα 43)).

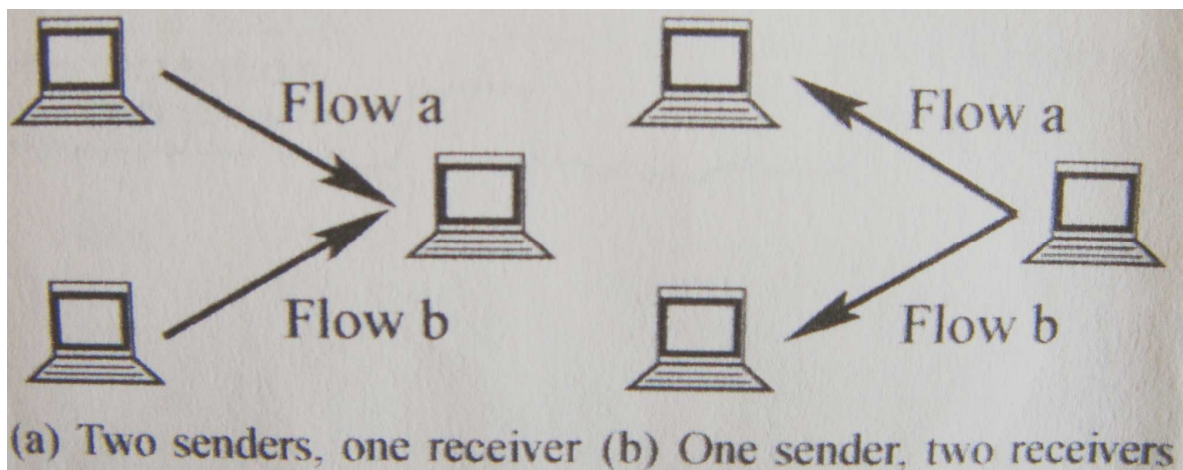
Οι κόμβοι που έχει επιλέξει το PHY για το σύστημα διαμόρφωσης είναι αυτοματοποιημένοι και δίνουν λίγο τον έλεγχο σε αυτό. Για να εξηγήσει κανείς την σχέση ανάμεσα σε μια μονή και σε μια διπλή σύνδεση θα μπορούσε κανείς να μπει στον πειρασμό να θεωρήσει ότι υπάρχουν διαφορετικά PHY συστήματα διαμόρφωσης που χρησιμοποιούνται σε μονές και διπλές συνδέσεις. Όμως, τα αποτελέσματά μας ήταν τα ίδια ακόμη και σε πολύ μικρές αποστάσεις όπου κανείς δεν περίμενε το καθεστώς διαφοροποίησης να αλλάξει. Στην πραγματικότητα μια μονή σύνδεση έδωσε τον ίδιο ρυθμό μετάδοσης για αποστάσεις κάτω του 1 m και κοντά στα 3 m.

Έτσι, ποικίλα PHY συστήματα διαμόρφωσης δεν μπορούν να είναι ο λόγος για αυτή τη συμπεριφορά. Στη συνέχεια, κάνουμε διαφορετικά πειράματα για να καθορίσουμε την αιτία αυτού του υψηλού ρυθμού απόδοσης. Παρατηρήσαμε ότι η απόδοση μιας μονής ροής UDP (Εικόνα 42(a)) μεταξύ δύο XO δεν υπερβαίνει τα 12-14 Mbps (Εικόνα 43). Ωστόσο, διαφορετικά ζεύγη XO που επικοινωνούν ταυτόχρονα, είναι εντός της εμβέλειας μετάδοσης τους (Εικόνα 42(c)) και μπορούν να επιτύχουν μια συνδυασμένη καθαρή απόδοση των 22 Mbps (Εικόνα 46) και (Εικόνα 47). Σαφώς, η μετάδοση bit-rate για το ασύρματο κανάλι είναι τουλάχιστον 22 Mbps. Τα αποτελέσματά μας επομένως μας δείχνουν ότι το ανώτατο όριο του ρυθμού μετάδοσης το οποίο είναι στα 14 Mbps δεν οφείλεται στην επιλογή της διαφοροποίησης των PHY επιπέδων χρησιμοποιώντας τις τοπολογίες (Εικόνα 43) και (Εικόνα 42(c)). Αυτό μας οδήγησε στο να κάνουμε μια εκπληκτική ανακάλυψη, ότι οι XO έχουν διαφορετικές ικανότητες μετάδοσης και λήψης, ένα φαινόμενο που ονομάζετε Tx/Rx ασυμμετρία.

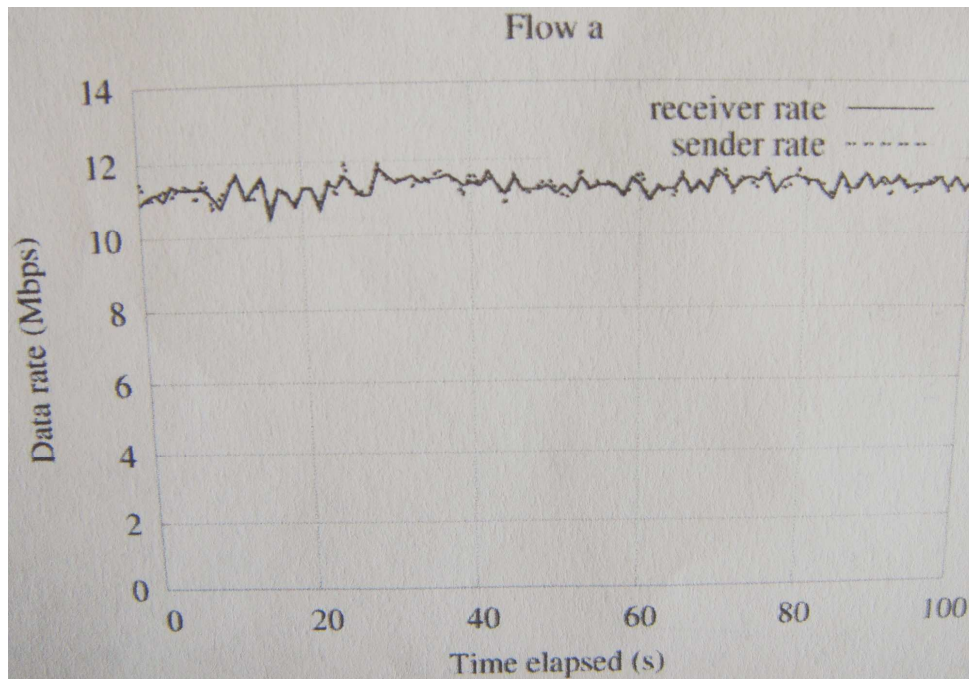
Μπορούμε να το αποδείξουμε με τη χρήση των δύο τοπολογιών που απεικονίζονται στην (Εικόνα 45). Στην πρώτη τοπολογία ένα ενιαίο ΧΟ λαμβάνει δεδομένα από δύο ροές (είτε UDP είτε TCP) από δύο άλλα ΧΟ, ενώ στη δεύτερη η κατεύθυνση διαβίβασης των στοιχείων αυτών αντιστρέφεται. Και τα τρία ΧΟ ήταν εντός εμβέλειας εκπομπής σε αποστάσεις 1 m.



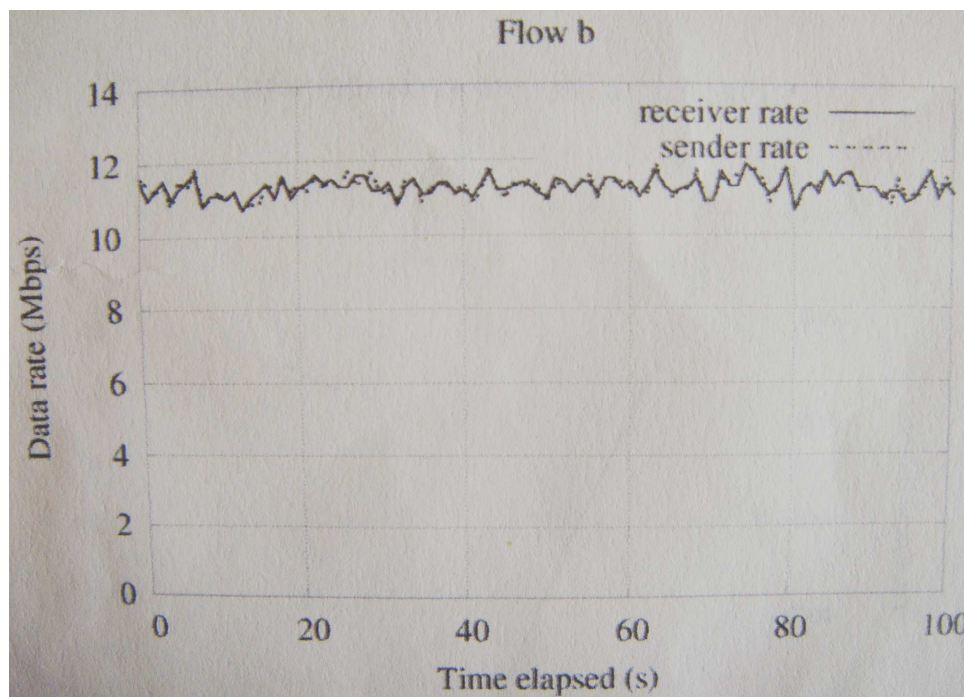
Εικόνα 44 : A single two hop UDP flow



Εικόνα 45 : Setup for testing TX / RX asymmetry



Εικόνα 46 : Two one hop UDP flows



Εικόνα 47 : Two one hop UDP flows

Διασφαλίσαμε ότι ο δέκτης στο πρώτο πείραμα γίνεται ο αποστολέας στο δεύτερο. Με αυτό αποφεύγονται τα λάθη που δημιουργούνται εξαιτίας των τυχαίων ανεξέλεγκτων αλλαγών στο hardware. Επίσης, δεδομένου ότι οι δύο ροές ξεκίνησαν ασύγχρονα, θεωρούμε τους χρόνους των δεδομένων κατά μέσο όρο πάνω από 100 s από την τιμή της δεύτερης. Στον (Πίνακας 2) δίνεται η απόδοση που λαμβάνεται από τα πειράματα.

Τα πειράματα UDP δείχνουν σαφώς ότι το καθαρό ποσοστό στο οποίο ο δέκτης λαμβάνει δεδομένα στην (Εικόνα 45(α)) είναι κάτι περισσότερο από τον καθαρό ρυθμό με τον οποίο ο αποστολέας στέλνει δεδομένα στην (Εικόνα 45(β)). Στους δύο δέκτες, με έναν αποστολέα, το συνολικό ποσοστό λήψης περιορίζεται το πολύ σε 13-14 Mbps ενώ στον ένα δέκτη, με δύο αποστολείς, το συνολικό ποσοστό που λαμβάνεται είναι περίπου 18 Mbps. Καταλήγουμε από τα πειράματα μας ότι: Οι πολλαπλές συνδέσεις (multihop) είναι καλύτερες από τα αναμενόμενα. Ο λόγος παρόλα αυτά δεν φαίνεται να είναι η επιλογή του PHY συστήματος διαμόρφωσης. Ο μέγιστος ρυθμός μετάδοσης των 14 Mbps δεν μπορεί να οφείλεται στην σωστή επιλογή του χρησιμοποιημένου επιπέδου διαφοροποίησης. Η ανάκληση αυτού του επιπέδου διαμόρφωσης καθορίζει το μέγιστο φυσικό ρυθμό μετάδοσης. Η αιτία της ασυμμετρίας του Tx/Rx πιθανότατα βρίσκεται υψηλότερα από το στρώμα PHY στη στοιβία πρωτοκόλλου. Ένας πιθανός λόγος που οφείλεται η ασυμμετρία Tx/Rx είναι η μετάδοση, η οποία περιλαμβάνει την προώθηση των πακέτων, και είναι σε γενικές γραμμές πιο εντατική επεξεργασία από τη λήψη. Η προώθηση των πακέτων περιλαμβάνει την επεξεργασία, όπως η επιλογή διαδρομής κλπ. Αυτές οι ενέργειες φαίνεται να μειώνουν την αποτελεσματικότητα της μετάδοσης. Δεδομένου ότι ένα μεγάλο μέρος της MAC εκτέλεσης βρίσκεται μέσα σε ένα κλειστό firmware, δεν είμαστε σε θέση να κάνουμε οποιαδήποτε εκτεταμένη έρευνα ως προς το γιατί ένα πακέτο λήψης χρειάζεται λιγότερη επεξεργασία από ένα πακέτο μετάδοσης, ούτε μπορούμε να τροποποιήσουμε τους μηχανισμούς δρομολόγησης / προώθησης. Από τότε που τα ασύρματα chipsets είναι υπεύθυνα για την μετεγκατάσταση των ανεξάρτητων δεδομένων της κύριας CPU, είναι απίθανο οι περιορισμοί να οφείλονται λόγω της CPU ή του διαύλου μετάδοσης. Σημείωση από τον (Πίνακας 2) ότι οι ροές του πρωτοκόλλου TCP δεν παρουσιάζουν Tx/Rx ασυμμετρία σε αντίθεση με το πείραμα UDP.

α) Two senders, one receiver

	UDP	TCP
For flow 1	7.39	4.71
For flow 2	9.78	3.37
Total	17.71	8.08

β) Two receivers, one sender

	UDP	TCP
For flow 1	6.46	4.14
For flow 2	6.68	4.31
Total	13.14	8.45

Πίνακας 2 : Average receive rates (Mbps) for the setup as in figure Εικόνα 45

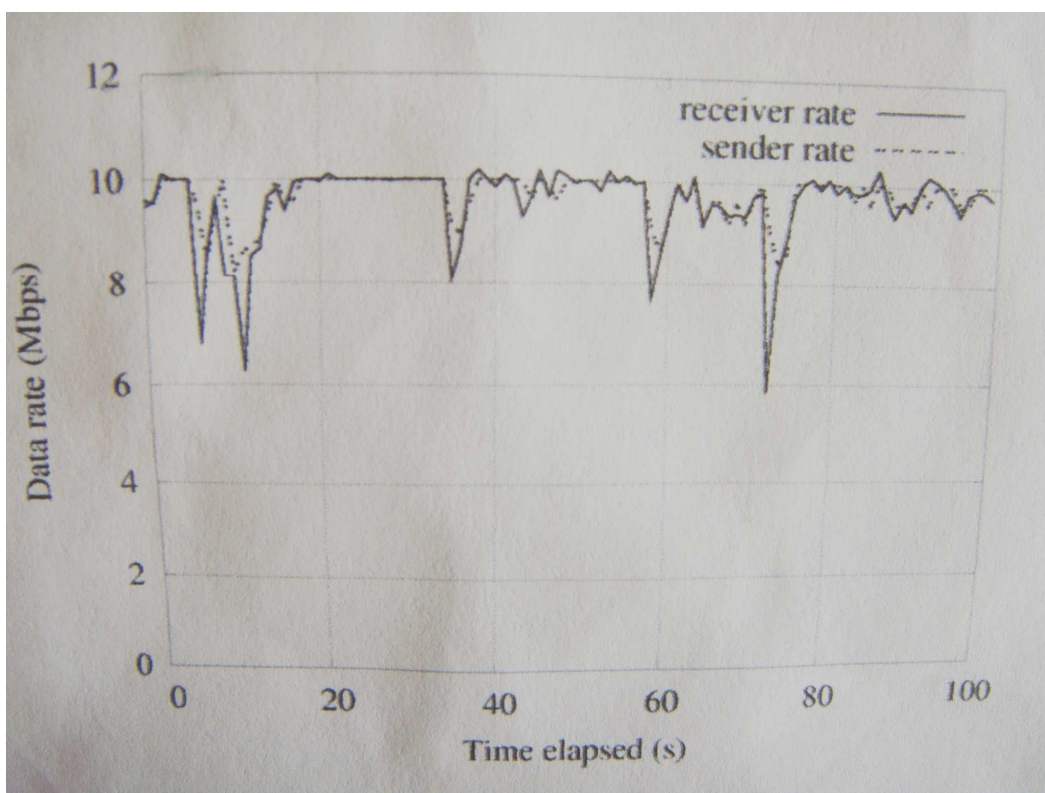
Θα το εξηγήσουμε αυτό με το γεγονός ότι στο πρωτόκολλο TCP, τα πακέτα αναγνώρισης μεταδίδονται προς την αντίθετη κατεύθυνση από τα πακέτα δεδομένων. Έτσι και οι τρεις κόμβοι στην τοπολογία στην (Εικόνα 45) περιορίζονται από τις ενέργειες που σχετίζονται με τη διαβίβαση των στοιχείων. Εξηγούμε τώρα τις απροσδόκητα μεγάλες διακινήσεις σε multihop πειράματα που χρησιμοποιούν Tx/Rx ασυμμετρία. Μια περίπτωση λήψης πακέτου καταναλώνει πολύ λιγότερους πόρους από ότι μία αποστολή πακέτου και δεδομένου ότι το κανάλι έχει χωρητικότητα για περισσότερες μεταδόσεις, η λειτουργία μετάδοσης μπορεί επίσης να διενεργείται από τον ενδιάμεσο κόμβο.

Επειδή το σημείο συμφόρησης, έρχεται καθώς προωθείται, οι ενδιαμέσοι κόμβοι μπορούν εύκολα να λάβουν και να προωθήσουν δεδομένα μόνο με ελαφρά μείωση της απόδοσης σε σύγκριση με την μονή απόδοση της σύνδεσης.

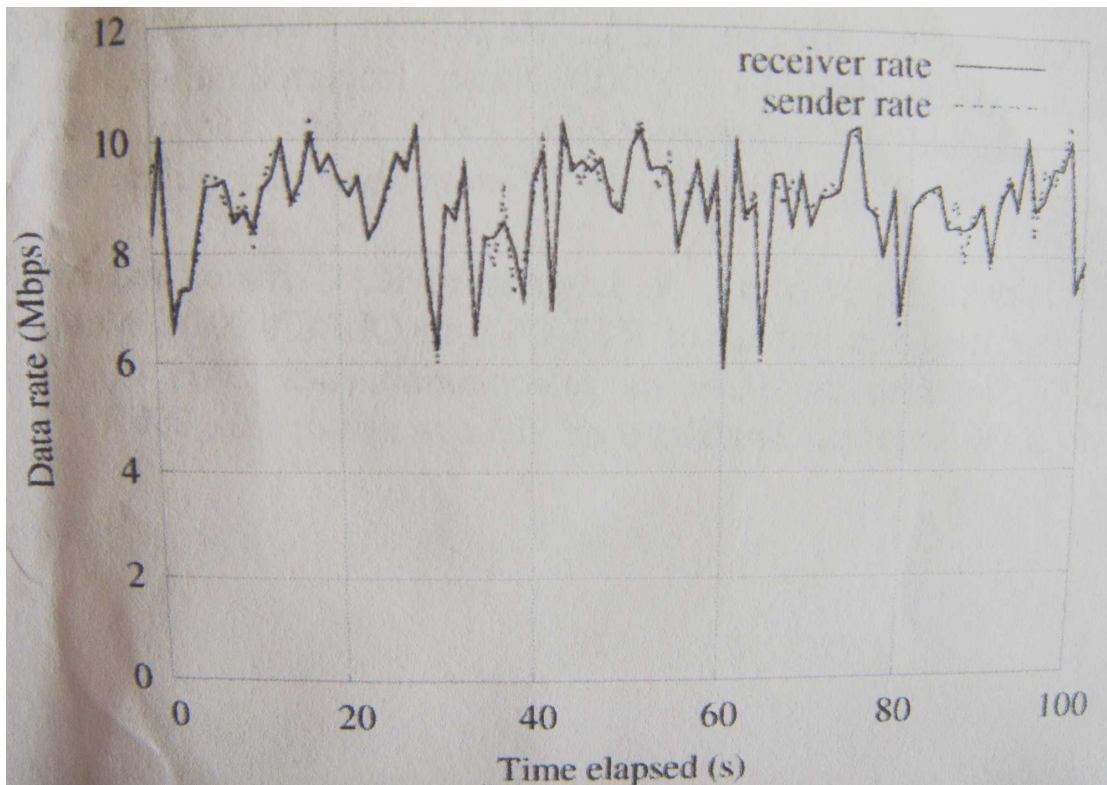
3.6.4 Επίδραση του RTS / CTS

Η χρήση των RTS / CTS μηχανισμών έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης τόσο σε εσωτερικούς όσο και εξωτερικούς χώρους (Εικόνα 43), (Εικόνα 48) για UDP, και (Εικόνα 49), (Εικόνα 50) για το TCP είναι τα αποτελέσματα των εσωτερικών πειραμάτων προσφέροντας μας μια σύγκριση στους ρυθμούς μετάδοσης με και χωρίς τον RTS / CTS μηχανισμό.

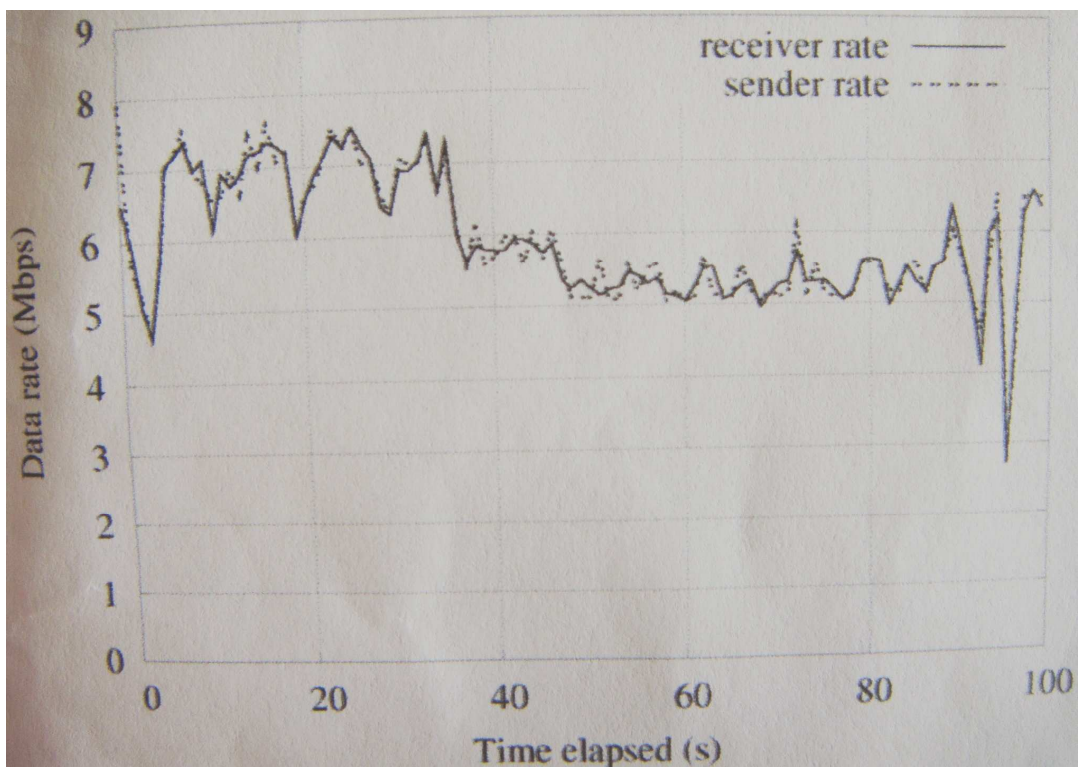
Αυτό είναι αναμενόμενο σε ένα δίκτυο, όπου όλοι οι κόμβοι είναι κοντά και δεν υπάρχει κανένα ξαφνικό πρόβλημα σε κάποιο κόμβο που το RTS / CTS να μην μπορεί να λύσει. Από τη στιγμή που το RTS / CTS κάνει τόσο μεγάλες διεργασίες, ο ρυθμός μετάδοσης πέφτει.



Εικόνα 48 : Single hop UDP flow with RTS / CTS at sending rate 10 Mbps



Εικόνα 49 : Single one hop TCP flow without RTS / CTS



Εικόνα 50 : Single one hop TCP flow with RTS / CTS

3.6.5 Συμπεράσματα

Στην εργασία αυτή παρουσιάσαμε τα αποτελέσματα μας για τις μετρήσεις πάνω στο OLPC. Διαπιστώσαμε ότι το XO δίνει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης για αρκετά Mbps και για τα δύο πρωτόκολλα (TCP και UDP) για περιοχές μέχρι και 60 m. Επιπλέον, το XO μπορεί να επικοινωνήσει (αν και με μικρότερη απόδοση) μέχρι 150 m περίπου.

Σε άλλα πειράματα διαπιστώσαμε ότι οι ροές που διέρχονται από πολλαπλές συνδέσεις επιτυγχάνουν υψηλότερους ρυθμούς μετάδοσης από ότι προβλέφτηκε στη θεωρία. Έχουμε εξηγήσει αυτό το φαινόμενο μέσω Tx/Rx ασυμμετρίας. Τέλος, επιβεβαιώσαμε τον προηγούμενο ισχυρισμό ότι ο RTS/CTS μηχανισμός μειώνει τον ρυθμό απόδοσης στα OLPC δίκτυα πλέγματος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 : Γενικά Συμπεράσματα

Συμπερασματικά αναφέρουμε ότι η τηλεϊατρική μπορεί να προσφέρει πολλαπλάσια οφέλη ελαττώνοντας το κόστος της φροντίδας υγείας χωρίς την επιβάρυνση της ποιότητας. Επίσης παρέχει ιατρικές υπηρεσίες υψηλής ποιότητας σε υποβαθμισμένες περιοχές αναβαθμίζοντας τις ιατρικές υπηρεσίες σε τοπικό επίπεδο. Επιπλέον, υποστηρίζει τη συνεργασία των επαγγελματιών υγείας όλων των βαθμίδων και τους εκπαιδεύει.

Θα μπορούσε κανείς να φανταστεί τη μελλοντική παροχή της φροντίδας υγείας βασισμένη σε συστήματα τηλεϊατρικής σαν ένα νέο μεγάλο οργανισμό που συνδυάζει κλινικές, νοσοκομεία, ιατρεία ή ακόμα και σπίτια και χώρους εργασίας. Σε αυτό το πλαίσιο, διοικητές, διαχειριστές, επαγγελματίες υγείας, ασθενείς, ερευνητές και άλλοι εργαζόμενοι θα διασυνδέονται σε ένα αποκεντρωμένο και συνεργατικό οργανισμό, όπου η τεχνολογία θα παίζει τον πρωταρχικό ρόλο στην υλοποίηση και ορθή λειτουργία του μοντέλου.

Στη συνέχεια βλέπουμε ότι τα WMNs μπορούν να δημιουργηθούν έχοντας ως βάση υπάρχουσες τεχνολογίες. Πειράματα όμως, αποδεικνύουν ότι η απόδοση των WMNs είναι ακόμα μακριά από τις προσδοκίες μας. Επίσης υπάρχουν ερευνητικά προγράμματα, όπως η εξελιξιμότητα που αφορά την αύξηση της χωρητικότητας του δικτύου, την ανάπτυξη καινούργιων MAC διευθύνσεων και πρωτοκόλλων μεταφοράς για WMNs καθώς και η ασφάλεια που ερευνά τα τρωτά σημεία των WMNs σε επιθέσεις ασφάλειας στα διάφορα επίπεδα πρωτοκόλλων.

Παρ' όλα αυτά, τα WMNs καταλήγουν να έχουν καλά προσαρμοσμένες δυνατότητες σε πολλά πεδία εφαρμογών στις λιγότερο ανεπτυγμένες χώρες. Λόγω των χαρακτηριστικών τους και της ευρωστίας τους, τα WMNs μπορούν να αναπτυχθούν σε λιγότερο ευνοϊκό περιβάλλον και δυσπρόσιτα μέρη καθώς και σε χώρους όπου η εμπλοκή του ανθρώπινου παράγοντα είναι δύσκολη ή δαπανηρή. Παρόλο που η υποδομή επικοινωνίας είναι αναγκαία για τη διασύνδεση των WMNs με το Διαδίκτυο ή ένα τοπικό δίκτυο, αυτά μπορούν επίσης να λειτουργήσουν και με την απουσία τους.

Αυτό τα κάνει ιδιαίτερα ελκυστικά για τις αναπτυσσόμενες χώρες, όπου η παρουσία σταθερών υποδομών επικοινωνίας που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την ανάπτυξη υπολογιστικών συστημάτων μπορεί να μην είναι εφικτή.

Διαπιστώσαμε ότι το XO δίνει υψηλούς ρυθμούς μετάδοσης για αρκετά Mbps και για τα δύο πρωτόκολλα (TCP και UDP) για περιοχές μέχρι και 60 m. Επιπλέον, το XO μπορεί να επικοινωνήσει (αν και με μικρότερη απόδοση) μέχρι 150m περίπου. Ολοκληρώνοντας πρέπει να αναφέρουμε πως η φιλοσοφία και η δράση του οργανισμού OLPC είναι αξιέπαινες και προτρέπουν τον κάθε άνθρωπο με ευαισθησίες να βοηθήσει κι ο ίδιος όπως μπορεί.

Αναφορές – Βιβλιογραφία

- 1) <http://www.eng.ucy.ac.cy/cpitris/courses/ece001/Presentations/Telemedicine.pdf>
- 2) http://www.it.uom.gr/project/MultimediaTechnologyNotes/chap3a_11.htm
- 3) http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:eL6kzgS-JMcJ:www.biomed.ntua.gr/Portals/1/5-telemedicine_21.ppt+%CF%80%CE%BB%CE%B5%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1+%CE%BA%CE%B1%CE%B9+%CE%BC%CE%B5%CE%B9%CE%BF%CE%BD%CE%B5%CE%BA%CF%84%CE%AE%CE%BC%CE%B1%CF%84%CE%B1+%CF%84%CE%B7%CF%82+%CF%84%CE%B7%CE%BB%CE%B5%CE%B9%CE%B1%CF%84%CF%81%CE%B9%CE%BA%CE%B7%CF%82&cd=5&hl=el&ct=clnk&gl=gr&client=firefox-a
- 4) <http://panacea.med.uoa.gr/topic.aspx?id=531>
- 5) <http://2epal-n-smyrn.att.sch.gr/telemet.files/telemet.htm>
- 6) Timothy Pratt, Charles W. Bostian, Jeremy E. Allnutt, “Satellite Communications”, John Wiley, 2003, Second Edition
- 7) M. Richharia, “Mobile Satellite Communications: principles and trends”, Addison-Wesley, 2001.
- 8) G. Maral and M. Bousquet, “Satellite communications systems : systems, techniques and technology”, John Wiley, 1998.
- 9) Δ.Κουτσούρης, «Εισαγωγή στη Βιοιατρική Τεχνολογία και ανάλυση ιατρικών συστημάτων».
- 10) Peter Kilbridge M.D.(with assistance from Katy Gladly Shera)(2001),E-Prescribing, I-health reports,CaliforniaHealthcareFoundation,November
<http://www.chcf.org/publications/2001/11/eprescribing>
- 11) Roger Clarke(2001),Research challenges in emergent e-health technologies[online],July 6.
<http://www.rogerclarke.com/EC/eHlthRes.html>
- 12) G. Mandellos, G. Koutelakis, Th. Panagiotakopoulos, A. Koukias, M Koukias, D. Lymperopoulos, “Dynamic Biosignal Management and Transmission during Telemedicine Incidents Handled by Mobile Units over Diverse Network Types”, 30th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, August 20-24, 2008, Vancouver, British Columbia, Canada.
- 13) G. J. Mandellos, G. V. Koutelakis, Th. C. Panagiotakopoulos, A. M. Koukias, N. B. Mouzourakis, M. N. Koukias, and D. K. Lymberopoulos “Establishing Telemedicine System to Support Urgent Incidents around the borderline of Greece: Implemented Architecture and Evaluation”, 31th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, September 2-6, 2009, Minneapolis, Minnesota, USA.
- 14) Wikipedia. Mesh networking.
- 15) Wireless mesh network.
- 16) IEEE 802.15.4-2006.
- 17) Μ.Ε. Θεολόγου, «Δίκτυα κινητών και προσωπικών επικοινωνιών», Εκδόσεις ΕΜΠ, 2004, Κεφ. 14.

- 18) Αθ. Κανάτας, Φιλ. Κωνσταντίνου, Γ. Πάντος. Συστήματα Κινητών Επικοινωνιών. Εκδόσεις Παπασωτηρίου, 2008.
- 19) Gast, Matthew S. 802.11 Wireless Networks: The Definitive Guide, 1st edition. Ed. Mike Loukides. O'Reilly & Associates, Inc. Sebastopol, CA, USA, 2002.
- 20) George Aggelou, B.Sc., B.Eng., Ph.D. Wireless MESH Networking with 802.16, 802.11 and ZigBEE. McGRAW - HILL COMMUNICATIONS, 2009.
- 21) Hossain, Ekram and Kin K. Leung. Wireless Mesh Networks, Architectures and Protocols. Springer, 2008.
- 22) Murthy, C. Siva Ram and B.S. Manoj. Ad Hoc Wireless Networks: Architectures and Protocols. Prentice Hall PTR Upper Saddle River, NJ, USA, 2004.
- 23) Rappaport, Th. S. Ασύρματες Επικοινωνίες: Αρχές και Πρακτική. Εκδόσεις Γκιούρδα, 2006.
- 24) <http://laptop.org/>
- 25) <http://mocamobile.org/>
- 26) A.-S. K. Pathan, C. S. Hong, and H.-W. Lee, Smartening the environment using wireless sensor networks in a developing country, Proc. IEEE International Workshop on Advanced Communication Technology (ICACT 2006), Feb. 2006, 705–709.
- 27) P. Angelidis, Uptake of pHealth: has the time come to become a commodity?, phealth 2007, June 22, 2007.
- 28) Mateusz Malinowski, Matthew Moskwa, Mark Feldmeier, Mathew Laibowitz, Joseph A. Paradiso, CargoNet: A Low-Cost MicroPower Sensor Node Exploiting Quasi-Passive Wakeup for Adaptive Asynchronous Monitoring of Exceptional Events, Proceedings of the 5th ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 07), November 6-9, 2007, Sydney, Australia.
- 29) Y. Xiao, Y. Pan (ed.), Emerging Wireless LANs, Wireless PANs and Wireless MANs, (Wiley, 2008).
- 30) Jelena Masic and Ranjith Udayshankar, Cluster Interconnection in 802.15.4 Beacon-Enabled Networks, in Algorithms and Protocols for Wireless, Mobile Ad Hoc Networks by Azzedine Boukerche (ed) , (John Wiley & Sons, 2009).
- 31) I.F. Akyildiz, W. Su, Y. Sankarasubramaniam, and E. Cayirci, A survey on sensor networks, IEEE Communications Magazine, 40, 102–114, Aug. 2002.
- 32) Rico Radeke, et al., On Reconfiguration in Case of Node Mobility in Clustered Wireless Sensor Networks, IEEE Wireless Communications, December 2008 47-51
Polychronis Panagiotis Ypodimatopoulos, Cerebro: Forming Parallel Internets and Enabling Ultra-Local Economies, Master of Science in Media Arts and Sciences at the MIT, August 2008.
- 33) W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan, and H. Balakrishnan, Energy-Efficient Communication Protocol for Wireless Microsensor Networks, IEEE Proc. Hawaii Int'l. Conf. Sys. Sci., Jan. 2000, 1–10.
- 34) Kazem Sohraby, Daniel Minoli and Taieb Znati, Wireless Sensor Networks: Technology, Protocols, and Applications, (John Wiley & Sons, 2007).
- 35) Jelena Masic and Ranjith Udayshankar, Cluster Interconnection in 802.15.4 Beacon-Enabled Networks, in Algorithms and Protocols for Wireless, Mobile Ad Hoc Networks by Azzedine Boukerche (ed) , (John Wiley & Sons, 2009).

- 36) B J Meade and J A Dunbar, A virtual clinic: telemetric assessment and monitoring for rural and remote areas, *Rural and Remote Health*, 4, 296. July 2004.
- 37) EUROPEAN COMMISSION, ENTERPRISE AND INDUSTRY DG, M/403 EN, "Mandate to the European Standardisation Organisations CEN, CENELEC and ETSI in the field of Information and Communication Technologies, applied to the domain of eHealth", Brussels, 6th March 2007.
- 38) Emily Singer, Hospitals' Electronic Wasteland, *MIT Technology Review*, March 25, 2009.
- 39) <http://www.continuaalliance.org>
- 40) D. Sanchez and H. Baldus, Key Management for Mobile Sensor Networks. In Proc. of the 1st Secure Mobile Ad Hoc Networks and Sensors Workshop. LNCS Vol. 4074. 2006.
- 41) Adrian Perrig, John Stankovic and David Wagner. Security in wireless sensor networks. *Communications of the ACM*, Vol. 47, Issue 6 (June 2004).
- 42) <http://wiki.laptop.org/go/Sugar>.
- 43) <http://wiki.laptop.org/go/Category:Sugar>.
- 44) http://wiki.laptop.org/go/Sugar_Activity_Tutorial.
- 45) http://en.wikipedia.org/wiki/Wireless_mesh_network.
- 46) http://wiki.laptop.org/go/Mesh_Network_Details.
- 47) <http://wiki.laptop.org/go/Chat>.
- 48) http://wiki.laptop.org/go/Joke_Machine.
- 49) http://wiki.laptop.org/go/Creating_an_Activity.
- 50) <http://www.linuxjournal.com/article/3946>.
- 51) <http://www.python.org/>.
- 52) <http://wiki.python.org/moin/BeginnersGuide>.
- 53) <http://python.fyxm.net/doc/Newbies.html>.
- 54) <http://en.wikipedia.org/wiki/Learning>.
- 55) http://en.wikipedia.org/wiki/Play_%28activity%29.
- 56) http://en.wikipedia.org/wiki/OLPC_XO-1.
- 57) http://en.wikipedia.org/wiki/OLPC_XO-3.
- 58) I.Akyildiz, X. Wang, and W. Wang, "Wireless meshnetworks: a survey," *Computer Networks*, vol. 47, no. 4, pp. 445-487, 2005.
- 59) "One laptop per child (OLPC)." [Online]. Available: <http://www.laptop.Org>
- 60) Draft Amendment to standard 802.11: ESS Mesh Networking, IEEEStd. P802.11 s/Di.05, June 2007.
- 61) C. Perkins, E. Belding-Royer, and S. Das, "Ad hoc on-demand distance vector (AODV) routing," RFC 3561, Jul. 2003. [Online]. Available: <http://www.ietf.org/rfc/rfc3561.txt>
- 62) "Iperf." [Online]. Available: <http://dast.nlanr.net/Projects/Iperf/>
- 63) J. Li, C. Blake, D. De Couto, II. Lee, and R. Morris, "Capacity of ad hoc wireless networks," in *Proceedings of the 7th annual international conference on Mobile computing and networking*, 2001, pp. 61 - 69.

- 64) "OLPC XO BTest-1 units span a kilometer in WiFi connectivity – One Laptop Per Child News." [Online]. Available: http://www.olpcnews.com/hardware/wireless/olpc_xo_btest-1_wifi.html
- 65) R. Carrano, M. Bletsas, and L. Magalhaes, "Mesh Networks for Digital Inclusion-Testing OLPC's XO Mesh Implementation," in 80 Forum Internacional de Software Livre, 2007, Porto Alegre. Anais da Trilha Internacional do Workshop do 8 Forum Internacional de Software Livre, 2007.
- 66) L. Hideki, R. Martins, A. Guerrante, R. Carrano, and L. Magalhaes, "Evaluating the impact of RTS-CTS in OLPC's XO's Mesh Networks," XXV Simposio Brasileiro de Telecomunicacões (SBrT'07), Recife. Anais do XXV Simposio Brasileiro de Telecomunicacões., 2007.
- 67) P. Gupta and P. R. Kumar, "The Capacity of Wireless Networks," IEEE Trans. Info. Theory, vol. 46, no. 2, Mar. 2000, pp. 388–404.
- 68) D. N. C. Tse and M. Grossglauser, "Mobility Increases the Capacity of ad hoc Wireless Networks," IEEE/ACM Trans. Net., vol. 10, no. 4, Aug.2002, pp. 477–86.
- 69) Z. Fu, X. Meng, and S. Lu, "A Transport Protocol for Supporting Multimedia Streaming in Mobile ad hoc Networks," IEEE JSAC, vol. 21, no.10, Dec. 2003, pp. 1615–26.
- 70) IAN F. AKYILDIZ, GEORGIA INSTITUTE OF TECHNOLOGY XUDONG WANG, KIYON, INC. "A Survey on Wireless Mesh Networks".